

**EP 829662**

DIALOG(R) File 351:DERWENT WPI  
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011744515 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-161425/199815

XRAM Acc No: C98-052088

XRPX Acc No: N98-128402

Closed, expanded poly-tetrafluoroethylene ring-seal with circular cross section and density graduation - comprises heat-treated, axially-rolled, mandrel-wound material which when included in e.g. tightened flange joint shows reduced inclination towards cold creep, preventing extrusion and leakage

Patent Assignee: GORE & ASSOC GMBH W L (GORE ); GANTNER J (GANT-I); WENDL M (WEND-I)

Inventor: GANTNER J; WENDL M

Number of Countries: 024 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 829662	A1	19980318	EP 97115745	A	19970910	199815 B
DE 19723907	A1	19980312	DE 1023907	A	19970606	199816
US 6032960	A	20000307	US 97926014	A	19970910	200019 N

Priority Applications (No Type Date): DE 1036929 A 19960911; US 97926014 A 19970910

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 829662 A1 G 32 F16J-015/10

Designated States (Regional): AL AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC NL PT RO SE SI

DE 19723907 A1 29 F16J-015/10

US 6032960 A H02G-015/013

Abstract (Basic): EP 829662 A

This closed, cord-like seal includes a spirally-rolled sheet material. This comprises expanded polytetrafluoroethylene (ePTFE). The seal has a density gradient, increasing from the outside to the centre of its cross section.

Also claimed is the method of making the seal, especially a flange seal, as described. Sheet ePTFE of uniform density and a set width, is wrapped (4) onto a long mandrel (1), to a desired thickness. Now the material is turned up and wound or rolled (Pf3, Pf4) along the axial (2) direction from one end to the other, producing a toroid or ring shape. This is then heated, shrinking it and producing the density gradient as specified.

USE - To make a cord-line seal, used especially with flanges.

ADVANTAGE - Seals, especially of PTFE, have a tendency to extrude from joints under applied pressure in a process known as cold creep. Associated problems include the need to increase the clamping forces and difficulties and/or danger associated with nipping-up the joint by re-tightening under pressure. Initially-excellent seals eventually leak. The new seal has greatly reduced transverse cold flow and greatly improved setting characteristics, when clamped up in e.g. a flange connection. These properties derive from the density gradient. The seal itself is closed, and produced in a simple economic manner. Various

reinforcing layers are readily included. The process is further discussed and described in detail, with a quantified example including tabulated properties.

Dwg.5/26

Title Terms: CLOSE; EXPAND; POLY; TETRA; FLUOROETHYLENE; RING; SEAL; CIRCULAR; CROSS; SECTION; DENSITY; GRADUATED; COMPRISE; HEAT; TREAT; AXIS; ROLL; MANDREL; WOUND; MATERIAL; TIGHTEN; FLANGE; JOINT; SHOW; REDUCE; INCLINATION; COLD; CREEP; PREVENT; EXTRUDE; LEAK

Derwent Class: A14; A32; A88; Q65; Q67

International Patent Class (Main): F16J-015/10; H02G-015/013

International Patent Class (Additional): B29C-061/00; B29C-070/00;

F16L-023/16

File Segment: CPI; EngPI

Manual Codes (CPI/A-N): A04-E08B; A11-B08; A12-H08; A12-S04A3; A11-B02E

Polymer Indexing (PS):

<01>

\*001\* 018; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F- 7A; H0000; S9999 S1309-R; S9999 S1581; P0511

\*002\* 018; B9999 B5163 B5152 B4740; ND01; Q9999 Q9018; ND07; B9999 B3872 B3838 B3747; B9999 B4842 B4831 B4740; N9999 N6177-R; N9999 N6951; N9999 N7294; K9892; Q9999 Q7818-R; K9483-R; K9676-R; K9574 K9483; N9999 N6279 N6268

\*003\* 018; A999 A419

<02>

\*001\* 018; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F- 7A; R00976 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D83 F- 7A; H0022 H0011; S9999 S1581; P0544

\*002\* 018; G0759 G0022 D01 D11 D10 D12 D51 D53 D59 D69 F34 F- 7A; H0000; H0011-R; S9999 S1581

\*003\* 018; B9999 B5414-R B5403 B5276; ND01; Q9999 Q9018; ND07; B9999 B3872 B3838 B3747; B9999 B4842 B4831 B4740; N9999 N6177-R; N9999 N6951; N9999 N7294; K9892; Q9999 Q7818-R; K9483-R; K9676-R; K9574 K9483; N9999 N6279 N6268

\*004\* 018; A999 A419

<03>

\*001\* 018; H0124-R

\*002\* 018; Q9999 Q7114-R; ND01; Q9999 Q9018; ND07; B9999 B3872 B3838 B3747; B9999 B4842 B4831 B4740; N9999 N6177-R; N9999 N6951; N9999 N7294; K9892; Q9999 Q7818-R; K9483-R; K9676-R; K9574 K9483; N9999 N6279 N6268

\*003\* 018; A999 A419



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
18.03.1998 Patentblatt 1998/12

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F16J 15/10

(21) Anmeldenummer: 97115745.8

(22) Anmeldetag: 10.09.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV RO SI

(72) Erfinder:  
• Gantner, Josef  
85662 Hohenbrunn (DE)  
• Wendl, Manfred  
83026 Rosenheim (DE)

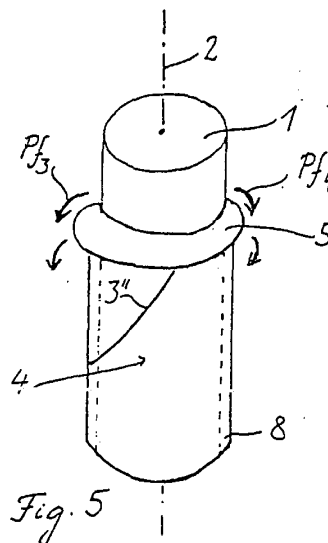
(30) Priorität: 11.09.1996 DE 19636929

(74) Vertreter:  
Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch  
Winzererstrasse 106  
80797 München (DE)

(71) Anmelder:  
W.L. GORE & ASSOCIATES GmbH  
85640 Putzbrunn (DE)

(54) **Ein in sich geschlossenes, schnurförmig ausgebildetes Dichtungselement und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Beschrieben wird ein ringförmiges Dichtungselement bestehend aus einem in sich geschlossenen, zusammenhängenden Wickel eines folienförmigen Materials aus biaxial gerecktem Polytetrafluorethylen. Das Dichtungselement weist über seinen Ringquerschnitt einen Dichtegradienten auf, der von außen nach innen zunimmt. Durch die höhere Dichte im Zentrum der Dichtung wird die Flächenpressung beim Schließen der Dichtung erhöht und das Querfließverhalten reduziert. Hergestellt wird die Dichtung durch das Umstülpen und Aufrollen eines auf einen Dorn spiralförmig aufgewickelten Bandes, welches nach dem Aufrollen einer Wärmebehandlung unterworfen wird, die zu einem Schrumpfen und damit zu einer Spannungskonzentration im Material führt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein in sich geschlossenes, schnurförmig ausgebildetes Dichtungselement, das sich insbesondere zur Abdichtung von Flanschen eignet. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Dichtungselements.

### Der Stand der Technik

Es ist bekannt, Rundschnurdichtungen, insbesondere als Flanschdichtungen, aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE) herzustellen. Beispielsweise wird für die Herstellung derartiger Dichtungen uniaxial gerecktes, expandiertes Polytetrafluorethylen verwendet. Derartige bekannte Rundschnurdichtungen lassen jedoch bezüglich der Querfestigkeit, des Kaltflusses und des Setzverhaltens noch wesentlich zu wünschen übrig, darüber hinaus sind Schließstellen zum Beispiel durch Überlappung bei derartigen Dichtungen erforderlich. Bei lediglich uniaxial gereckten ePTFE-Dichtungen tritt ein starkes Setzen des Materials durch Querverfließen sowie ein starker Kaltfluß ("creep") in Querrichtung auf.

Aus der US-PS 5 281 475 ist eine kontinuierliche PTFE-Faser bekannt, beispielsweise in der Form einer Litze, eines Fadens, einer Stange oder eines Rohres, wobei diese Faser eine schraubenlinienförmig gerollte, in sich selbst anhaftende, kontinuierliche Folie aus PTFE aufweist. Ferner weist diese Faser eine Außenoberfläche mit einem im wesentlichen runden Profil und einer einzelnen, spiralförmig verlaufenden Naht auf. Die kontinuierliche Folie aus PTFE kann mit teilchenförmigen Füllern gefüllt sein oder mit polymeren Materialien vor der Herstellung der kontinuierlichen, im wesentlichen runden PTFE-Faser beschichtet sein. Die kontinuierliche Schicht aus PTFE kann zum Kombinieren mit anderen Elementen, beispielsweise fadenförmigen Elementen oder folienartigen Elementen innerhalb der kontinuierlichen, im wesentlichen runden PTFE-Faser vorgesehen sein.

Unter "schraubenlinienförmig gerollt" ist hierbei zu verstehen, daß die resultierende PTFE-Faser eine spiralförmige Struktur erhält, die durch Wickeln der kontinuierlichen PTFE-Folie um eine mittlere Längsachse der Faser in Längsrichtung der Faser gebildet wird. Bei der hierbei verwendeten PTFE-Folie handelt es sich insbesondere um eine Folie aus expandiertem, mikroporösen Polytetrafluorethylen.

Eine ähnliche PTFE-Faser ist aus der US-PS 5 364 699 bekannt, wobei diese Faser verschiedene Elemente, wie zum Beispiel fadenförmige Elemente oder folienartige Elemente neben den Schichten der schraubenlinienförmig gerollten, selbst anhaftenden, kontinuierlichen Folie aus PTFE enthalten kann. Bei derartigen fadenförmigen Elementen kann es sich beispielsweise um leitfähige Drähte, optische Fasern oder feine Röhren handeln.

In der US-Patentanmeldung Nr. 08/050903 mit Anmeldedatum vom 20.04.1993 ist ferner ein Verbund-Dichtungsmaterial beschrieben, das einen Kern aus einem langgestreckten Polytetrafluorethylen sowie wenigstens eine Folie aus einem porösen expandierten Polytetrafluorethylen aufweist, wobei diese Folie um den Kern beispielsweise schraubenlinienförmig herumgewickelt ist.

Darüber hinaus ist in der US-Patentanmeldung Nr. 08/300018 mit Anmeldedatum vom 02.09.1994 ein aus einer Folie aus expandiertem Polytetrafluorethylen schraubenförmig zu einer Dichtungsschnur gewickeltes Dichtungselement beschrieben, welches einen relativ geringen Kaltfluß aufweist.

Poröses, expandiertes Polytetrafluorethylen (ePTFE) ist allgemein aus der US-PS 3 953 566 bekannt. Poröses, expandiertes Polytetrafluorethylen weist eine höhere Festigkeit als die nicht expandierte Form von PTFE auf, besitzt die chemische Inertanz von herkömmlichem PTFE und, wenn es als ein Dichtungselement verwendet wird, weist es bei seiner Anwendung einen großen Temperaturbereich bis zu ca. 350°C auf. Ein Beispiel eines Dichtungsmaterials aus porösem, expandiertem Polytetrafluorethylen ist GORE-TEX® Joint Sealant, das durch W.L. Gore & Associates, Inc. Elkton, MD, USA, hergestellt wird.

Infolge dimensionsmäßiger Änderungen aufgrund von Kaltfluß erfordern viele im Handel erhältliche PTFE-Dichtungen eine zusätzliche Klemmkraft, die einige Zeit nach dem Einbau der Dichtung auf die Dichtung aufgebracht werden muß. Dies stellt bei einem Dichtungsmaterial eine außerordentlich unerwünschte Eigenschaft dar. Eine wiederholte Einstellung der Klemmkraft ist bei Anwendungen nicht möglich, bei denen eine spezifische Höhe der Dichtung während der Anwendung aus Funktions- und Sicherheitsgründen aufrechterhalten werden muß. Wenn beispielsweise solche Dichtungen als statische Dichtungselemente zwischen Mehrfachplatten von Wärmeaustauschern und Rahmenfiltern verwendet werden, überlagert sich eine durch Kaltfluß bedingte Dickenverminderung des Dichtungsmaterials zwischen den Platten und, wenn dies durch die Anzahl der Platten in der Einheit vervielfacht wird, kann dies in einer beträchtlichen Herabsetzung der Dichtungsklemmkraft resultieren, was zu erheblichen Leckageproblemen führen kann, die nicht behoben werden können.

Von der Firma W.L. Gore & Associates, Inc., USA, wird eine große Anzahl von Dichtungsmaterialien hergestellt, die einen Kern aus einem porösen, expandierten Polytetrafluorethylen aufweisen, welcher in ein Band aus expandiertem Polytetrafluorethylen gewickelt ist. Ein im Handel erhältliches Beispiel für derartiges Dichtungsmaterial ist GORE-TEX®-Dichtungsmaterial zur Verwendung beim Abdichten von Plattenwärmetauschern. Der Vorteil einer derartigen

zweistufigen Konstruktion besteht darin, daß die Umwicklung des Kernmaterials mit einem Band höherer Festigkeit dazu neigt, dem Fluß des Kernmaterials aus seiner ursprünglichen Dimension heraus zu widerstehen (d.h., die Bandumwicklung begrenzt eine transversale Ausbreitung des Kerns bei Beanspruchung). Während dieses Material ziemlich gut arbeitet, so liegt dennoch immer ein Bedürfnis nach einem verbesserten Dichtungsmaterial aus expandiertem PTFE vor, welches Kaltfluß widersteht. Fig. 8 zeigt beispielsweise ein herkömmliches Dichtungselement 30 aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE). Aufgrund der Neigung des Materials dieses Dichtungselements 30 zum Kaltfluß, wenn es einer Kompressionskraft in der Z-Richtung über die Zeit unterworfen wird, neigt das Material dazu, sich in der Y-Richtung und zu einem geringen Grade auch in der X-Richtung auszubreiten, wodurch die durch dieses Material gelieferte Dichtung beeinträchtigt wird. Der Widerstand gegenüber dem Kaltfluß ist somit primär in der Längs- oder X-Richtung gegeben, jedoch ist es für eine optimale Dichtungsfunktion erforderlich, daß ein Widerstand gegenüber Kaltfluß sowohl in der Längs- bzw. X-Richtung als auch in der Quer- bzw. Y-Richtung vorliegt.

Fig. 23 zeigt ferner ein Ausführungsbeispiel einer Dichtungsschnur 22, wie diese in der bereits oben genannten US-Patentanmeldung Nr. 08/300018 mit Anmeldedatum vom 02.09.1994 beschrieben ist, wobei eine derartige Dichtungsschnur 22 als Flanschdichtung zwischen zwei Flanschen 20 und 21 angewendet wird. In diesem Anwendungsfall erweist sich die erforderliche Schließstelle durch Überlappung bei der Dichtungsschnur ebenfalls als nachteilig.

Aus der DE-PS 111 35 56 ist eine Vorrichtung zum Herstellen gewickelter Ringkörper aus in gewissem Maße nachgiebigem Material, wie vorzugsweise mit Kautschuk, Kunstharz oder dergleichen imprägnierten Geweben oder Gewirken, Folien, Platten oder Lagen aus Kautschuk, Papier oder Metall bekannt, wobei diese Vorrichtung einen Dorn aufweist, über dem ein Stülpschtrumpf angeordnet ist, auf den das zu wickelnde Material aufgebracht und zum Wickeln des Materials der Strumpf unter Umstülpen vom Dorn abgezogen wird. Beispielsweise kann bei dieser bekannten Vorrichtung der auf den Dorn aufgezogene Stülpschtrumpf ein Schlauchabschnitt aus Gummi oder aus einem anderen hinreichend biegsamen oder elastischen Stoff mit oder ohne Einlage sein, andererseits kann dieser Stülpschtrumpf aber auch aus einer Mehrzahl einzelner Bänder gebildet sein. Die durch diese bekannte Vorrichtung herstellbaren Ringkörper können beispielsweise als Keilriemenrohlinge oder als ähnliche endlose Ringkörper verwendet werden.

Mit Rücksicht auf den oben geschilderten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Dichtungselement anzugeben, das sich durch ein erheblich reduziertes Querverfließen sowie ein stark verbessertes Setzverhalten auszeichnet. Beim Verpressen des Dichtungselements durch beispielsweise Schraubkräfte im Fall einer Flanschverbindung soll sich das Spannungsmaximum zentrisch in einem verpreßten Dichtungsabschnitt auf einer nur Kleinen Fläche konzentrieren.

Darüber hinaus liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem in einer verhältnismäßig einfachen sicheren kostengünstigen Weise ein in sich geschlossenes Dichtungselement erzeugt werden kann, welches sich durch das Fehlen von Schließstellen auszeichnet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Dichtungselement gelöst, das wenigstens aus einem spiralförmig gerolltem folienförmigen Material aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE), besteht, wobei das Dichtungselement über seinen Schnurquerschnitt einen Dichtegradienten aufweist, der von der Außenseite des Dichtungselements ausgehend in Richtung zu dessen Querschnittsmittelpunkt zunimmt. Vorzugsweise besteht das Dichtungselement aus einem ringförmigem Gebilde, das einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.

Darüber hinaus wird durch die vorliegende Erfindung ein Dichtungselement geschaffen, das ein zweites ringförmiges Gebilde aufweist, welches mit dem ersten ringförmigem Gebilde durch einen schlauchförmigen Zwischenbereich aus demselben folienförmigen Material verbunden ist. Die beiden ringförmigen Gebilde können auch in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordnet sein, wobei der schlauchförmige Zwischenbereich zusätzlich mit einem Beschichtungsmaterial, insbesondere einem Verstärkungsmaterial laminiert sein kann. Bei bestimmten Anwendungsfällen kann es von Vorteil sein, wenn die beiden ringförmigen Gebilde unmittelbar aneinander angrenzen.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem Folienmaterial um biaxial gerecktes Polytetrafluorethylen. Auch ein multiaxial gerecktes PTFE kann zum Einsatz kommen.

Zur Anpassung des Dichtungselements an unterschiedliche Einsatzfälle kann es mehrere folienförmige Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen, wobei diese Eigenschaften über die Dicke der Dichtung asymmetrisch verteilt sein können. Die asymmetrische Verteilung kann beispielsweise darauf beruhen, daß ein beschichtetes folienförmiges Material verwendet wird. Als Beschichtung kommen Fluorpolymere, z.B. Fluorethylenpropylen (FEP) oder Perfluoralkoxy (PFA), oder Elastomere, z.B. Fluorelastomere in Frage. Das Material kann auch mit einem Elastomer gefüllt oder imprägniert sein.

Der Dichtegradient wird vorzugsweise so gewählt, daß die Dichte an der Außenseite des Elements ca.  $0,1 \text{ g/cm}^3$  beträgt, was etwa der Dichte des Ausgangsmaterials entspricht und im Bereich des Querschnittsmittelpunkts kann die Dichte maximal ca.  $2,2 \text{ g/cm}^3$  betragen, was etwa der Dichte des Vollmaterials entspricht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines in sich geschlossenen, schnurförmig ausgebildeten, mehrschichtig aufgebauten Dichtungselements zeichnet sich durch folgende Verfahrensschritte aus:

- a) wenigstens ein folienförmiges Material (3) aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE) mit zunächst gleich-

förmiger Dichteverteilung und mit vorgegebener Breite wird solange auf einen langgestreckten Dorn in dessen Umfangsrichtung ( $Pf_2$ ) gewickelt, bis eine erwünschte Wickelstärke ( $d_1$ ) eines resultierenden Materialwickels (4) auf dem Umfang des Dorns (1) erreicht ist;

b) der Materialwickel (4) wird im Bereich des einen stirnseitigen Endes des Dorns (1) beginnend in Richtung der Achse (2) des Dorns (1) entlang des Umfangs des Dorns durch einen auf den Materialwickel (4) einwirkenden Umrollvorgang im wesentlichen bis zu dem Bereich des entgegengesetzten stirnseitigen Endes des Dorns (1) umgerollt, so daß im wesentlichen ein ringförmiges Gebilde (6) aus dem umgerollten Materialwickel (4) erzeugt wird;

c) das ringförmige Gebilde (6) wird sodann auf einem Dorn einer thermischen Behandlung unterworfen, wobei es derart schrumpft, daß es über den Querschnitt des ringförmigen Gebildes (6) einen Dichtegradienten erhält, wodurch die Dichte des expandierten Polytetrafluorethylens (ePTFE) von der Außenseite des ringförmigen Gebildes (6) ausgehend in Richtung zu dessen Querschnittsmittelpunkt zunimmt.

Mit dem beschriebenen Verfahren werden vorzugsweise ringförmige Dichtungen erzeugt. Es sind aber natürlich auch ovale oder eckige Formen möglich. Durch das Rollen entsteht zunächst ein im wesentlichen kreisförmiger Querschnitt. Für besondere Anwendungsfälle kann dieser Querschnitt aber auch durch eine entsprechende Verformung geändert und vorzugsweise in eine rechteckige Form gebracht werden.

Die thermische Behandlung kann auf dem gleichen Dorn stattfinden, auf dem der Umrollvorgang stattfindet, vorzugsweise wird aber ein Dorn kleineren Durchmessers verwendet, um der beim Schrumpfen stattfindenden Materialkontraktion zu entsprechen.

Für bestimmte Anwendungsfälle kann es sinnvoll sein auf dem Dorn einen zweiten Wickel vorzusehen, wobei das folienförmige Material auf dem Dorn in entgegengesetzter Richtung zum ersten Wickel aufgerollt wird, so daß ein Dichtungselement aus zwei sich gegenüberliegenden ringförmigen Gebilden entsteht.

Bedingt durch die Wärmezufuhr bei der thermischen Behandlung schrumpft das Material der Dichtung, was zu einer Spannungskonzentration im Material führt und dadurch verursacht zu einer Verdichtung. Vorzugsweise erfolgt nach dem Schrumpfen noch ein Sintervorgang. Durch das Sintern wird die erreichte Materialstruktur verfestigt. Die Dauer der thermischen Behandlung beträgt zwischen 1 Minute und 2 Stunden, vorzugsweise liegt sie im Bereich von 3 Minuten bis 40 Minuten.

Beim Umsetzen des ringförmigen Gebildes auf einen kleineren Dorn zur thermischen Behandlung wird vorzugsweise der Durchmesser des kleineren Dorns so gewählt, daß er mit dem Schrumpfungsgrad des Folienmaterials übereinstimmt, so daß nach dem Schrumpfen der Innendurchmesser des ringförmigen Gebildes dem Durchmesser des Dorns entspricht.

Für bestimmte Anwendungszwecke kann es vorteilhaft sein, die beiden Materialwickel auf dem Dorn nicht soweit aufeinander zuzuwickeln, bis sie sich berühren, sondern in einer Lage zu belassen, in der sie einen gewissen Abstand voneinander aufweisen. Der schlauchförmige Zwischenbereich kann vor der thermischen Behandlung zusätzlich mit einem Beschichtungsmaterial, insbesondere Verstärkungsmaterial, laminiert und dann erst wärmebehandelt werden.

Für bestimmte Anwendungszwecke können die beiden Materialwickel auch so durchgeführt werden, daß die beiden ringförmigen Gebilde unterschiedliche Dicken erhalten. Auch kann nur eines der beiden ringförmigen Gebilde auf einen Dorn kleineren Durchmessers übertragen werden, so daß beim Schrumpfen nur dieses Gebilde einen kleineren Durchmesser erhält, wodurch ein im wesentlichen doppelt ringförmig ausgebildetes Dichtungselement in konischer Ausgestaltung erzeugt wird.

Die Temperaturzufuhr zum Schrumpfen erfolgt entweder über einen beheizten Dorn, wobei der Dorn vorzugsweise auf eine Temperatur im Bereich zwischen ca. 327°C und 420°C beheizt wird. Die Wärmezufuhr kann aber auch durch Konvektion und/oder Strahlung, beispielsweise in einem Konvektionsofen vorgenommen werden.

Um eine asymmetrische Verteilung der Materialeigenschaften über die Dicke des resultierenden ringförmigen Gebildes zu erzielen, können mehrere folienförmige Materialbahnen, insbesondere mit unterschiedlichen Eigenschaften, von jeweils vorgegebener Breite in Richtung der Achse des Dornes aufeinanderfolgend auf den Dorn gewickelt werden, wobei sich die Materialbahnen zumindest teilweise gegenseitig überlappen.

Um dem ringförmigen Gebilde eine möglichst gleichförmige Dicke zu verleihen, wird das zu wickelnde folienförmige Material mit einem schräggeschnittenen Anfangsrand, sowie mit einem schräggeschnittenen Endrand versehen, um im Zuge des Wickelprozesses jeweils schraubenlinienförmig verlaufende Anfangs- und Endbereiche des resultierenden Materialwickels zu erzeugen.

Die Form des Dorns ist im wesentlichen zylindrisch, es können aber auch leicht konische Profile eingesetzt werden. Auch hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Dichtungselement nach dem Schrumpfen bzw. Sintern einem erneuten Recken unterworfen wird.

Darüber hinaus besteht beim erfindungsgemäßen Verfahren noch die Möglichkeit, daß beim Umrollprozeß zur Bil-

dung des im wesentlichen ringförmigen Gebildes bzw. der beiden im wesentlichen ringförmigen Gebilde auf dem Dorn zusätzlich ein bzw. mehrere tubusförmige Elemente, insbesondere Drähte, Spiralfedern, O-Ringe oder dergleichen als Kern bzw. Kerne miteingerollt werden (zum Beispiel elastischer Vollrund- oder Rohrquerschnitt). Infolgedessen können im wesentlichen ringförmige Bauelemente, beispielsweise Dichtungsringe, mit tubusförmigem Kern hergestellt werden.

5      Ferner läßt sich in vorteilhafter Weise der Durchmesser des im wesentlichen ringförmigen Gebildes bzw. der beiden im wesentlichen ringförmigen Gebilde in Abhängigkeit von der Wickelstärke  $d_1$  des Materialwickels und/oder von der Breite  $h$  des Materialwickels und/oder vom Durchmesser  $D_1$  des Materialwickels einstellen.

10      Gemäß weiterer vorteilhafter Verfahrensausgestaltung kann als Dorn ein im wesentlichen zylindrischer Körper, insbesondere Rohrabschnitt, oder, alternativ hierzu, ein im wesentlichen konischer Körper, insbesondere Rohrabschnitt, verwendet werden. So kann beispielsweise als Dorn ein Rohrabschnitt verwendet werden, der in Wickelrichtung konisch zu- oder abnehmend ist, so daß beispielsweise Spannungen in dem resultierenden, im wesentlichen ringförmigen Bauelement gesteuert werden können.

15      Schließlich kann im Zuge des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens noch vorgesehen werden, daß das resultierende, im wesentlichen ringförmig bzw. doppelt ringförmig ausgebildete Bauelement im Anschluß an die Abnahme von dem Dorn einem erneuten Recken unterworfen wird, um verbesserte Festigkeitseigenschaften zu erzielen. Hierdurch läßt sich insbesondere eine erhöhte Zugfestigkeit in X-Richtung erzeugen. Bezüglich des Reckens von Polytetrafluorethylen wird auf die US-Patentschriften Nr. 3 953 566 und 4 187 390 verwiesen.

Das erfindungsgemäße Verfahren besitzt insbesondere die folgenden Vorteile:

20      Möglichkeit zur Herstellung von im wesentlichen ringförmigen bzw. doppelt ringförmigen Dichtungselementen mit einem Dichtegradienten über den jeweiligen Ringquerschnitt der Dichtungselemente, wobei dieser Dichtegradient dafür sorgt, daß sich das aus Schraubenkräften, zum Beispiel einer Flanschdichtung, herrührende Spannungsmaximum der Dichtung zentrisch in dem verpressten Dichtungsquerschnitt auf einer kleinen Fläche konzentriert (bei orthogonaler Draufsicht auf die Flanschfläche mit verpresstem Dichtungselement) und somit in hohen Flächenpressungen bei kleinen Schraubenkräften resultiert. Ein derartiger Dichtegradient ist insbesondere bei einer Dichtung aus mikroporösem Material außerordentlich vorteilhaft, da das Leckageverhalten maßgeblich von der Anfangsverpressung (in der Regel größer als 20 MPa) und infolgedessen von der Dichte des expandierten Polytetrafluorethylens (ePTFE) abhängt.

30      Durch das Bestreben des in dem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Dichtungselement vorhandenen folienförmigen Materials in Form einer biaxial gereckten expandierten Polytetrafluorethylen-Membrane, unter Temperaturbeaufschlagung infolge der vorgesehenen thermischen Behandlung entgegen der ursprünglichen Orientierungsrichtung zu schrumpfen, kommt es bei diesem Material zu einem Schrumpfbestreben sowohl in tangentialer Richtung zum Umfang des entsprechenden ringförmigen Gebildes (entspricht Maschinenrichtung der Membrane und Dornumfangsrichtung) als auch in tangentialer Richtung zum Querschnittsumfang des ringförmigen Gebildes (entspricht Transversalrichtung der Membrane). Da das im wesentlichen ringförmige Gebilde spiralförmig in sich gewickelt ist, setzt sich diese Schrumpfkraft ununterbrochen von außen nach innen spiralförmig über den Ringquerschnitt fort. Diese 35 zum Querschnittsumfang des ringförmigen Gebildes tangentialen Schrumpfkraften führen, da sie, diskret betrachtet, tangential auf ein Spiralsegment wirken, zu über den Umfang verteilten, zum Querschnittszentrum gerichteten Kräften, die sich integral mit der Lagenzahl des folienförmigen Materials von außen gerechnet und somit abnehmendem Abstand zum Querschnittsmittelpunkt verstärken. Diese resultierenden, zum Querschnittsmittelpunkt gerichteten Kräfte bewirken den erfindungsgemäß vorgesehenen, von außen nach innen verlaufenden Dichtegradienten.

40      Möglichkeit der Herstellung biaxial orientierter Dichtringe mit erheblich reduziertem Querverfließen und stark verbessertem Setzverhalten. Durch die selbst nach dem Schrumpfen noch vorhandene Matrixzugfestigkeit des Materials in Querschnittsumfangsrichtung wird ein Querverfließen des Dichtungselements verhindert bzw. reduziert, was zusätzlich zu dem oben erläuterten Mechanismus die Konzentration der Spannung auf die Flächenmittellachse, herrührend von der Massenverteilung im kreisförmigen Querschnitt, begünstigt (in der Mitte verbiegt mehr Masse, was bei gleicher 45 Verpreßhöhe zu lokal höherer Dichte in der Mitte führt).

Möglichkeit der Herstellung endloser Dichtringe mit praktisch beliebigen Durchmessern (sowohl Flansch- als auch Querschnittsdurchmessern);

50      Erzielung einer großen Bandbreite an Querschnittsdurchmessern des resultierenden, im wesentlichen ringförmigen Bauelements (in Abhängigkeit von der Dicke und der Wickelzahl des verwendeten Materials, insbesondere einer Membrane aus biaxial gerecktem ePTFE);

gleichzeitiges Einrollen eines tubusförmigen Kerns in das im wesentlichen ringförmige Bauelement;

Erzeugung relativ dünner Monofilamentringe aufgrund eines nochmaligen Reckens im Anschluß an die Herstellung des im wesentlichen ringförmigen Bauelements;

55      Möglichkeit der Herstellung von Dichtringen mit Komposit-Aufbau (ePTFE/Polymerfolien-Lamine als funktionelle Schichten);

Vermeidung von Schließstellen durch Überlappung und damit von Schwachstellen bei dem resultierenden Dichtungselement.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich beispielsweise zur Herstellung von statischen Dichtringen, Gleitrohr-

dichtungen, Wellendichtringen, darüber hinaus aber auch von elektrischen Kondensatoren und dergleichen verwenden.

Die vorliegende Erfindung wird nunmehr im Rahmen von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird. Dabei zeigen:

5

Fig. 1 schematisch eine perspektivische Ansicht eines im wesentlichen zylindrischen Dorns, auf dessen Umfang ein folienförmiges Material gemäß einer ersten Ausführungsform gewickelt wird;

10

Fig. 2 eine perspektivische Teilansicht des resultierenden Materialwickels auf dem Dorn gemäß Fig. 1;

Fig. 3 schematisch eine perspektivische Ansicht eines im wesentlichen zylindrischen Dorns, auf dessen Umfang ein folienförmiges Material gemäß einer zweiten Ausführungsform gewickelt wird;

15

Fig. 4 eine perspektivische Teilansicht des resultierenden Materialwickels auf dem Dorn gemäß Fig. 3;

Fig. 5 eine schematische, perspektivische Ansicht des Dorns mit dem auf ihm befindlichen Materialwickel gemäß Fig. 4, wobei aus diesem Materialwickel durch einen auf ihn einwirkenden, fortlaufenden Umrollvorgang in Achsrichtung des Dorns ein Ring erzeugt wird;

20

Fig. 6 eine der Fig. 5 entsprechende Ansicht mit dem nunmehr vollständig zu einem fertigen Ring umgerollten Materialwickel;

Fig. 7A schematisch eine perspektivische Ansicht des von dem Dorn abgenommenen, fertigen Rings;

25

Fig. 7B schematisch eine Axialschnittansicht durch den fertigen Ring;

Fig. 7C schematisch eine Axialschnittansicht durch eine weitere Ausführungsform eines im wesentlichen ringförmig ausgebildeten Bauelements;

30

Fig. 7D schematisch einen Querschnitt einer anderen Ausführungsform eines ringförmigen Gebildes;

Fig. 7E schematisch einen Querschnitt einer weiteren Ausführungsform eines ringförmigen Gebildes;

35

Fig. 8 schematisch eine perspektivische Teilansicht eines herkömmlichen Dichtungselements;

Fig. 9 eine der Fig. 7B entsprechende Axialschnittansicht zur genaueren Veranschaulichung des Querschnitts des resultierenden ringförmigen Gebildes;

40

Fig. 10 eine Ansicht einer Einzelheit des in Fig. 9 dargestellten Querschnitts gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 11 eine der Fig. 10 entsprechende Ansicht gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 12 eine der Fig. 1 entsprechende Ansicht zur Veranschaulichung einer weiteren Verfahrensausgestaltung;

45

Fig. 13 eine der Fig. 2 entsprechende Ansicht zur Veranschaulichung eines Materialwickels, wie er im Zuge der Verfahrensausgestaltung nach Fig. 12 erzeugt wird;

Fig. 14 eine der Fig. 12 entsprechende Ansicht zur Veranschaulichung einer abgewandelten Ausführungsform;

50

Fig. 15 eine der Fig. 13 entsprechende Ansicht zur Veranschaulichung einer abgewandelten Ausführungsform;

Fig. 16 eine der Fig. 4 entsprechende Ansicht zur Veranschaulichung einer abgewandelten Ausführungsform;

55

Fig. 17 eine schematische perspektivische Ansicht eines Dorns mit einem auf ihm befindlichen Materialwickel, aus dem durch zwei einander entgegengesetzt gerichtete Umrollvorgänge in Achsrichtung des Dorns ein erstes ringförmiges Gebilde und ein zweites ringförmiges Gebilde erzeugt werden;

Fig. 18 schematisch eine Axialschnittansicht durch das gemäß Fig. 17 erzeugte, doppelt ringförmig ausgebildete



Bauelement;

Fig. 19 schematisch eine teilweise Schnittansicht einer langgestreckten folienförmigen Materialbahn, die auf einen Dorn gemäß Fig. 3 gewickelt wird;

Fig. 20 schematisch eine perspektivische Ansicht eines Dorns, auf dessen Umfang ein erstes ringförmiges Gebilde sowie ein zweites ringförmiges Gebilde unmittelbar einander gegenüberliegen;

Fig. 21 schematisch eine Axialschnittansicht durch ein gemäß Fig. 20 erzeugtes doppelt ringförmig ausgebildetes Bauelement;

Fig. 22 schematisch die Anwendung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Dichtungselements als Flanschdichtung;

Fig. 23 schematisch die Anwendung einer bekannten Rundschnurdichtung als Flanschdichtung;

Fig. 24 eine weitere Axialschnittansicht durch ein fertiges ringförmiges Dichtungselement;

Fig. 25 eine graphische Darstellung zur Veranschaulichung des Dichtegradienten über den kreisförmigen Querschnitt des ringförmigen Dichtungselements gemäß Fig. 24; und

Fig. 26 schematisch eine Axialschnittansicht durch ein doppelt ringförmig ausgebildetes Dichtungselement in einer im wesentlichen konischen Gesamtausgestaltung.

Gemäß Fig. 1 wird beispielsweise zur Herstellung eines im wesentlichen ringförmig ausgebildeten, mehrschichtig aufgebauten Dichtungselements zunächst ein folienförmiges Material 3 in Form einer Membrane aus einem biaxial gereckten, expandierten Polytetrafluorethylen (ePTFE) mit einer vorgegebenen Breite  $h$  in Richtung des Pfeiles  $Pf_2$  auf einen im wesentlichen zylindrischen Dorn 1 gewickelt. Der Dorn 1 weist eine Rotationsachse 2 auf, wobei die Rotationsrichtung durch einen Pfeil  $Pf_1$  angedeutet ist.

Das folienförmige Material 3 (Membrane) wird kontinuierlich auf den Umfang des Dornes 1 gewickelt, bis eine erwünschte Wickelstärke  $d_1$  eines Materialwickels 4 erreicht ist, wie aus Fig. 2 ersichtlich. Der Wickelvorgang wird sodann abgebrochen, wobei das äußere Ende des Materialwickels 4 durch einen gerade geschnittenen äußeren Rand des ringförmigen Materials 3 gebildet wird. Die durch das gewickelte folienförmige Material gebildeten, aufeinanderliegenden Wickellagen des resultierenden Materialwickels 4 sind mit 4' bezeichnet.

Fig. 3 zeigt eine gegenüber der Fig. 1 insofern abgewandelte Ausführungsform, als nunmehr das folienförmige Material 3 mit einem schräg geschnittenen Endrand 3'' versehen ist. Fig. 19 zeigt schematisch eine teilweise Seitenansicht eines vollständig auseinandergelegten, folienförmigen Materials 3, wobei zu erkennen ist, daß das folienförmige Material 3 sowohl einen schräg geschnittenen Anfangsrand 3''', mit dem es zunächst auf den Dorn 1 beginnend gewickelt wird, als auch den bereits erwähnten schräg geschnittenen Endrand 3'' am äußeren Ende des Materials 3 aufweist. Der durch den schräg geschnittenen Endrand 3'' gebildete Winkel wird mit  $\alpha_1$  und der durch den schräg geschnittenen Anfangsrand 3''' gebildete Winkel wird mit  $\alpha_2$  bezeichnet, wobei gilt:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \arctan \frac{h}{n \cdot D_1 \cdot \pi}$$

worin:

$n$  = Anzahl der Umdrehungen;  
 $h$  = Gesamtbreite des folienförmigen Materials 3;  
 $D_1$  = Durchmesser des Materialwickels 4.

Aufgrund dieser schräg geschnittenen End- und Anfangsränder 3'', 3''' des folienförmigen Materials 3 wird gewährleistet, daß ein im wesentlichen gleichmäßiger Materialwickel 4 auf dem Dorn erzeugt wird, so daß sich beim Umrollvorgang zur Bildung des resultierenden ringförmigen Gebildes keine einseitige Verdickung dieses Gebildes ergibt.

Fig. 4 zeigt wiederum den auf dem Dorn 1 gebildeten Materialwickel 4, der aufgrund des Wickelprozesses gemäß Fig. 3 erzeugt wird.

Der gemäß Fig. 2 bzw. 4 auf dem Dorn 1 erzeugte Materialwickel 4 weist in jedem Falle einen Durchmesser  $D_1$  auf. Im Anschluß an den anhand der Fig. 1 und 2 bzw. 3 und 4 erläuterten Wickelprozeß wird, wie nunmehr anhand der Fig. 5 erläutert wird, der Materialwickel 4 an einem stirnseitigen Ende des Dorns 1 beginnend (im vorliegenden Ausführungsform) erzeugt.

rungsbeispiel am oberen stirnseitigen Ende beginnend) in Richtung der Achse 2 des Dorns 1 entlang des Umfangs des Dorns durch aufeinanderfolgendes Umrollen des Materialwickels 4, wie durch die Pfeile  $Pf_3$  und  $Pf_4$  angedeutet ist, im wesentlichen bis zu dem entgegengesetzten stirnseitigen Ende des Dorns 1 umgerollt. Gemäß Fig. 4 ist das erste (obere) Ende des Materialwickels 4 mit 7 bezeichnet und gemäß Fig. 5 ist das zweite (untere) Ende des Materialwickels 4 mit 8 bezeichnet.

Fig. 5 zeigt ein Zwischenstadium dieses Umrollvorgangs, wobei zunächst ein vorläufiges ringförmiges Gebilde 5 auf der Oberfläche des Dorns 1 gebildet ist.

Durch weiteres aufeinanderfolgendes, kontinuierliches Umrollen und Abstreifen in Richtung zum unteren stirnseitigen Ende des Dorns 1 wird, wie nunmehr aus Fig. 6 zu ersehen ist, ein resultierendes ringförmiges Gebilde 6 aus dem umgerollten Materialwickel 4 gebildet.

Dieses ringförmige Gebilde 6 wird sodann auf dem Dorn 1 einer derartigen thermischen Behandlung mit vorgegebener Behandlungsdauer unterworfen, daß das expandierte Polytetrafluorethylen (ePTFE) über den Querschnitt des ringförmigen Gebildes 6 einen Dichtegradienten erhält, wodurch die Dichte des ePTFE von der Außenseite des ringförmigen Gebildes 6 ausgehend in Richtung zu dessen Querschnittsmittelpunkt zunimmt.

Anhand der Fig. 24 wird erläutert, daß insbesondere zur Erzielung des erwünschten Dichtegradienten über den Querschnitt 15 des ringförmigen Gebildes 6 die thermische Behandlung in der Weise erfolgt, daß die resultierende Dichte im Bereich der i.w. zylindrischen Außenseite des ringförmigen Gebildes 6 leicht höher als die Ausgangsdichte des folienförmigen Materials 3 ist und die resultierende Dichte im Bereich des Mittelpunkts des Querschnitts 15 etwa gleich der spezifischen Dichte von voll verdichtetem ePTFE ist. Insbesondere erfolgt eine thermische Behandlung zum Schrumpfen des folienförmigen Materials 3 in dem ringförmigen Gebilde 6 im Temperaturbereich von ca. 90°C bis ca. 320°C und eine anschließende thermische Behandlung zum Sintern im Temperaturbereich von ca. 327°C bis ca. 420°C. Andererseits können diese Schrumpf- und Sinterprozesse überlappend im reinen Sinter Temperaturbereich durchgeführt werden. Die Behandlungsdauern bzw. Verweilzeiten hängen stark von den Querschnittsdurchmessern ab und liegen vorzugsweise im Bereich von 3 Minuten bis 40 Minuten.

Hierdurch wird beispielsweise erreicht, daß die Dichte im Bereich der Außenseite des ringförmigen Gebildes 6 ca. 0,1 g/cm<sup>3</sup> und im Bereich des Querschnittsmittelpunkts des ringförmigen Gebildes 6 maximal ca. 2,2 g/cm<sup>3</sup> beträgt.

Fig. 25 zeigt eine graphische Darstellung des Dichtegradienten, wobei die Dichte  $D$  in Abhängigkeit vom Radius  $r$  des kreisförmigen Querschnitts 15 des ringförmigen Gebildes 6 dargestellt ist. Im vorliegenden Beispiel hat der Dichtegradient einen stetigen Verlauf vom Mittelpunkt des Querschnitts 15 ausgehend in Richtung zu dessen Umfang, das heißt Außenseite des ringförmigen Gebildes 6. Hierbei beträgt beispielsweise die Dichte an der Außenseite ca. 0,1 g/cm<sup>3</sup> und im Bereich des Mittelpunkts des Querschnitts 15 maximal ca. 2,2 g/cm<sup>3</sup>.

Im Anschluß an die erläuterte thermische Behandlung wird das resultierende ringförmige Gebilde 6 von dem Dorn 1 abgenommen.

Fig. 7A zeigt perspektivisch eine Ansicht des fertigen, ringförmigen, mehrschichtig aufgebauten Dichtungselements 6.

Der Durchmesser  $D_2$  des resultierenden ringförmigen Gebildes 6 (vgl. Fig. 7B) ist von der Breite  $h$  des Materialwickels 4 auf dem Dorn sowie von der Wickelstärke  $d_1$  abhängig (vgl. Fig. 2 bzw. 4).

In Fig. 7B ist der i.w. kreisförmige Querschnitt des resultierenden ringförmigen Gebildes 6 mit 15 bezeichnet, wobei  $d_2$  den Durchmesser dieses Querschnitts 15 und damit die Dicke des resultierenden ringförmigen Gebildes 6 angibt. Die Mittelachse des ringförmigen Gebildes 6 ist mit A bezeichnet. Aus Fig. 7D ergibt sich, daß das ringförmige Gebilde 6 gemäß Fig. 7B statt eines i.w. kreisförmigen Querschnitts 15 einen i.w. ovalen Querschnitt 15' bzw. gemäß Fig. 7E einen i.w. rechteckförmigen Querschnitt 15" aufweisen kann. Ein derartiger i.w. ovaler Querschnitt 15' bzw. ein derartiger i.w. rechteckförmiger Querschnitt 15" des Gebildes 6 wird durch dessen entsprechendes Formpressen im Anschluß an die Wickel-, Umroll-, Schrumpf- und/oder Sinterprozesse erzeugt. Fig. 7C zeigt eine gegenüber der Fig. 7B insofern abgewandelte Ausführungsform eines resultierenden ringförmigen Gebildes 6, als an diesem nunmehr noch ein freier Endabschnitt 4" des ursprünglichen Materialwickels 4 gelassen ist. Ein derartiger freier Endabschnitt 4" des Materialwickels 4 kann gegebenenfalls eine weitere Dichtfunktion übernehmen.

Fig. 9 zeigt in detaillierter Ansicht den Querschnitt 15 des aus dem umgerollten Materialwickel 4 erzeugten ringförmigen Gebildes 6, wobei mit 7 das erste (innere) Ende des Materialwickels 4 und mit 8 das zweite (äußere) Ende des Materialwickels 4 bezeichnet sind. Der Materialwickel 4 besteht, wie bereits oben erläutert, aus einer Anzahl von aufeinanderliegenden Wickellagen 4', die aus dem folienförmigen Material 3 gebildet sind. Ein einzelner Abschnitt des umgerollten Materialwickels 4 ist im Querschnitt 15 gemäß Fig. 9 mit 40 bezeichnet. Fig. 10 zeigt beispielsweise eine vergrößerte Darstellung dieses isolierten Abschnitts 40, wobei zu erkennen ist, daß zwischen den einzelnen Lagen des folienförmigen Materials 3 jeweils eine kontinuierliche Schicht 42 aus einem polymeren Material eingelagert ist, so daß sich eine Art von Verbundkonstruktion ergibt. Aus Fig. 11 ist ersichtlich, daß anstelle von kontinuierlichen Schichten aus polymerem Material nunmehr einzelne isolierte Streifen 41 aus polymerem Material zwischen die einzelnen Lagen des folienförmigen Materials 3 eingebracht sind. Die Schicht 42 gemäß Fig. 10 bzw. die Streifen 41 gemäß Fig. 11 werden entweder vor dem Wickelprozeß gemäß Verfahrensschritt a) auf das folienförmige Material 3 aufgebracht oder während

dessen Wickelns auf den Dorn 1 einlaufen gelassen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird anhand der Fig. 12 und 13 erläutert. Hierbei ist vorgesehen, daß mehrere folienförmige Materialbahnen 10, 11, 12, 13 und 14 mit unterschiedlichen Materialeigenschaften von einer jeweils vorgegebenen Breite  $b$  parallel nebeneinander auf einen Dorn 1 in Form eines zylindrischen Rohrabchnitts gewickelt werden, so daß ein resultierender Materialwickel 16 mit einer Wickelstärke  $d_1$  und einer Breite  $h$  erzeugt wird. Hierbei können vorzugsweise diese Materialbahnen 10 bis 14 zumindest teilweise sich gegenseitig überlappend auf den Dorn 1 gewickelt werden, wie dies aus Fig. 14 ersichtlich ist. Insbesondere können diese Materialbahnen 10 bis 14 bei vorgegebener gleichbleibender Überlappungsbreite  $b'$  auf den Dorn 1 gewickelt werden, wobei der überlappte Bereich der Materialbahn 10 mit 10', der überlappte Bereich der Materialbahn 11 mit 11', der überlappte Bereich der Materialbahn 12 mit 12' und der überlappte Bereich der Materialbahn 13 mit 13' bezeichnet sind. Diese überlappten Bereiche werden so gelegt, daß der überlappte Bereich 10' der innerste überlappte Bereich und letztendlich der überlappte Bereich 13' der am äußersten liegende überlappte Bereich ist.

Die Überlappungsbreite kann variieren, beispielsweise ist zwischen den Materialbahnen 13 und 14 eine größere Überlappungsbreite  $b''$  schematisch dargestellt.

Fig. 15 zeigt den fertigen Materialwickel 16 auf dem Dorn 1, bevor der Umrollprozeß nach Maßgabe der Pfeile  $Pf_3$  und  $Pf_4$  beginnt, wie bereits anhand Fig. 5 erläutert.

Aus Fig. 15 ist noch ersichtlich, daß die erste Materialbahn 10 einen schräg geschnittenen Endrand 10'', die zweite Materialbahn 11 einen schräg geschnittenen Endrand 11'', die dritte Materialbahn 12 einen schräg geschnittenen Endrand 12'' und die vierte Materialbahn 13 einen schräg geschnittenen Endrand 13'' und schließlich die fünfte Materialbahn 14 einen schräg geschnittenen Endrand 14'' aufweisen.

Beispielsweise können die folgenden verschiedenen Materialbahnen 10 - 14 auf den Dorn 1 gewickelt werden, wie oben beschrieben:

Materialbahn 10 ist eine hochfeste, biaxial orientierte ePTFE-Membran (zum Beispiel mit einer Dicke von 10 bis 20  $\mu$ ).

Materialbahn 11 ist eine großporige Membran,

Materialbahn 12 ist eine elektroplattierte Membrane, z.B. eine kupferbeschichtete Membrane,

Materialbahn 13 ist eine FEP-beschichtete Membrane,

Materialbahn 14 ist eine hochfeste, biaxial orientierte ePTFE-Membran (zum Beispiel mit einer Dicke von 10 bis 20  $\mu$ ).

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 12 - 15 sind insgesamt fünf Membranbahnen 10 - 14 gezeigt, jedoch besteht auch die Möglichkeit, mehr oder weniger Membranbahnen in der erläuterten Art und Weise auf den Dorn 1 zu wickeln.

Der resultierende Materialwickel 16 wird sodann wiederum gerollt, wie oben anhand der Fig. 5 und 6 erläutert, und anschließend einer thermischen Behandlung unterzogen (Schrumpfen, Sintern), bis letztendlich wiederum ein Ring 6 gemäß Fig. 7A und Fig. 7B gebildet ist, beispielsweise ein endloser Dichtring mit einem Dichtegradienten über den Ringquerschnitt 15 zur Verwendung als Flanschdichtung, beispielsweise bei der Anordnung gemäß Fig. 22.

Im Falle der bereits oben erwähnten Verwendung mehrerer, sich überlappender Materialbahnlagen ergibt sich auch der Vorteil, daß letztendlich größere resultierende Durchmesser des Querschnitts des erzeugten Ringes erzielt werden (vgl. Durchmesser  $d_2$  des Querschnitts 15 gemäß Fig. 7B).

Aus Fig. 16 ist ersichtlich, daß auf dem Materialwickel 4 ein tubusförmiges Element 17, zum Beispiel ein O-Ring angeordnet ist, der bei dem Umrollprozeß zur Bildung eines im wesentlichen ringförmigen Gebildes 6 als Kern miteingewickelt wird.

Fig. 17 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines im wesentlichen doppelt ringförmig ausgebildeten Bauelements, das dadurch erzeugt wird, daß der Materialwickel 4 auf dem Umfang des Dorns 1 zuerst im Bereich des einen stirnseitigen Endes des Dorns beginnend in Richtung der Achse 2 des Dorns 1 entlang des Umfangs des Dorns durch einen auf den Materialwickel einwirkenden Umrollvorgang im wesentlichen bis zu einem vorgegebenen ersten Umfangsbereich des Dorns umgerollt wird, so daß im wesentlichen ein erstes ringförmiges Gebilde 6' aus dem umgerollten Materialwickel 4 erzeugt wird. Anschließend wird der Materialwickel 4 im Bereich des entgegengesetzten stirnseitigen Endes des Dorns 1 beginnend in Richtung der Achse 2 des Dorns, jedoch nunmehr in gleichsam entgegengesetzter Richtung, entlang des Umfangs des Dorns durch einen weiteren auf den Materialwickel 4 einwirkenden Umrollvorgang im wesentlichen bis zu einem vorgegebenen zweiten Umfangsbereich des Dorns gerollt, so daß im wesentlichen ein zweites ringförmiges Gebilde 6'' aus dem umgerollten Material 4 erzeugt wird. Der erste vorgegebene Umfangsbereich des Dorns und

der zweite vorgegebene Umfangsbereich des Dorns 1 sind in der Weise voneinander beabstandet, daß das erste ringförmige Gebilde 6' und das zweite ringförmige Gebilde 6'' einen entsprechenden Abstand voneinander aufweisen und durch einen schlauchförmigen Zwischenbereich 4''' des Materialwickels 4 miteinander verbunden bleiben.

Sodann werden das erste ringförmige Gebilde 6' und das zweite ringförmige Gebilde 6'' auf dem Dorn 1 einer derartigen thermischen Behandlung mit vorgegebener Behandlungsdauer unterworfen, daß das expandierte Polytetrafluorethylen (ePTFE) über den jeweiligen Querschnitt des ersten ringförmigen Gebildes 6' bzw. des zweiten ringförmigen Gebildes 6'' einen Dichtegradienten erhält, wodurch die Dichte des expandierten Polytetrafluorethylens von der Außenseite des entsprechenden ersten ringförmigen Gebildes 6' bzw. des entsprechenden zweiten ringförmigen Gebildes 6'' ausgehend in Richtung zu dem jeweiligen Querschnittsmittelpunkt des Gebildes 6' bzw. 6'' zunimmt.

Diese thermische Behandlung der beiden ringförmigen Gebilde 6' und 6'', welche gemäß der aus Fig. 18 ersichtlichen Anordnung durch den schlauchförmigen Zwischenbereich 4''' untereinander verbunden sind, erfolgt in entsprechender Weise, wie bereits weiter oben anhand Fig. 24 unter Bezugnahme auf das ringförmige Gebilde 6 im einzelnen erläutert wurde.

Infolgedessen wird wiederum sowohl für das ringförmige Gebilde 6' als auch für das ringförmige Gebilde 6'' ein Verlauf des Dichtegradienten erzeugt, wie aus der graphischen Darstellung nach Fig. 25 ersichtlich.

Fig. 20 zeigt eine gegenüber Fig. 17 insofern abgewandelte Ausführungsform, als nunmehr die beiden auf den Materialwickel 4 einwirkenden, von einander entgegengesetzten stirnseitigen Enden des Dorns 1 ausgehenden Umrollvorgänge solange erfolgen, bis das resultierende erste ringförmige Gebilde 6' und das resultierende zweite ringförmige Gebilde 6'' auf dem Umfang des Dorns 1 unmittelbar einander gegenüberliegen. Die beiden resultierenden ringförmigen Gebilde 6' und 6'' werden in dieser Ausgestaltung zunächst zur Erzielung eines Dichtegradienten über den jeweiligen Ringquerschnitt geschrumpft und gesintert, wie bereits weiter oben anhand der Fig. 17 erläutert, und anschließend von dem Dorn 1 abgenommen, wobei eine Axialschnittansicht dieses doppelt ringförmig ausgebildeten Bauelements aus Fig. 21 ersichtlich ist. Die beiden ringförmigen Gebilde 6' und 6'' sind innen noch durch ein kleines Stück des Materialwickels 4 untereinander verbunden.

Fig. 26 zeigt in Axialschnittansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines im wesentlichen doppelt ringförmig ausgebildeten Dichtungselements, welches insgesamt eine im wesentlichen konische Ausgestaltung aufweist. Dieses doppelt ringförmige Dichtungselement wird in der Weise hergestellt, daß zunächst ein doppelt ringförmig ausgebildetes Dichtungselement erzeugt wird, wie dies weiter oben bereits anhand Fig. 17 und 18 erläutert ist. Fig. 18 zeigt in Axialschnittansicht ein doppelt ringförmig ausgebildetes Dichtungselement in einer im wesentlichen zylindrischen Ausgestaltung. Um zur konischen Ausgestaltung nach Fig. 26 zu gelangen, wird die folgende Methode angewandt:

Das erste ringförmige Gebilde 6' verbleibt auf dem Dorn 1 mit dem Durchmesser  $DD_1$ , während das zweite ringförmige Gebilde 6'' von dem Dorn 1 abgenommen und auf einen zweiten Dorn 1' übertragen wird, welcher gegenüber dem ursprünglichen Dorn 1 einen kleineren Durchmesser  $DD_2$  aufweist. Das erste ringförmige Gebilde 6' und das zweite ringförmige Gebilde 6'' weisen hierbei nach wie vor, wie im Falle der Fig. 18, einen entsprechenden Abstand voneinander auf und verbleiben durch das schlauchförmige Zwischenstück 4''' miteinander verbunden. In Fig. 26 sind der ursprüngliche Dorn 1 sowie der zweite Dorn 1' kleineren Durchmessers gestrichelt gezeichnet, weil Fig. 26 das resultierende, doppelt ringförmig ausgebildete Dichtungselement zeigt, das bereits von den jeweiligen Dornen 1 bzw. 1' abgenommen ist.

Zunächst wird aber die wie oben erläuterte Anordnung, gemäß welcher das erste ringförmige Gebilde 6' sich auf dem Dorn 1 und das zweite ringförmige Gebilde 6'' sich auf dem zweiten Dorn 1' befinden, einer thermischen Behandlung mit vorgegebener bzw. wählbarer Behandlungsdauer unterworfen, mit dem Ziel, dem expandierten Polytetrafluorethylen (ePTFE) über den jeweiligen Querschnitt des ersten ringförmigen Gebildes 6' bzw. des zweiten ringförmigen Gebildes 6'' einen Dichtegradienten zu verleihen, wodurch die Dichte des ePTFE von der Außenseite des entsprechenden ersten ringförmigen Gebildes 6' bzw. des entsprechenden zweiten ringförmigen Gebildes 6'' ausgehend in Richtung zu dem jeweiligen Querschnittsmittelpunkt des Gebildes 6' bzw. 6'' zunimmt. Gleichzeitig ist dafür Sorge getragen, daß das Verhältnis des Durchmessers  $DD_1$  des ursprünglichen Dornes 1 zu dem Durchmesser  $DD_2$  des zweiten Dornes 1' so eingestellt ist, daß das folienförmige Material in dem ringförmigen Gebilde 6'' so schrumpft, daß das letztere als Innendurchmesser den Durchmesser  $DD_2$  des zweiten Dornes 1' erhält, während das ringförmige Gebilde 6' als Innendurchmesser den Durchmesser  $DD_1$  des ersten, ursprünglichen Dornes 1 beibehält. Durch diese Maßnahme wird die im wesentlichen konische Gesamtausgestaltung des resultierenden, doppelt ringförmig ausgebildeten Dichtungselements gemäß Fig. 26 erzielt. Diese Konizität wird praktisch durch den schlauchförmigen Zwischenbereich 4''' deutlich, welcher im Zuge der thermischen Behandlung zumindest ebenfalls gesintert worden ist.

Insbesondere ist bei der Anordnung nach Fig. 26 noch vorgesehen, daß das Verhältnis des Durchmessers  $DD_1$  des ursprünglichen Dornes 1 dem Durchmesser  $DD_2$  des zweiten Dornes 1' in Abhängigkeit vom Reckverhältnis des in den Gebilden 6' und 6'' enthaltenen folienförmigen Materials 3 in der Umfangsrichtung (vgl. obige Erläuterung anhand der Fig. 1 und 2) bei ca. 1,7 : 1 liegt, so daß ein Schrumpf des entsprechenden folienförmigen Materials von maximal 70% erzielt wird. Die thermische Behandlung der Anordnung nach Fig. 26 erfolgt vorzugsweise in einem (nicht dargestellten) Konvektionsofen, der auf ca. 420°C (entsprechend 385°C in der Mitte des Konvektionsofens) vorgeheizt wird,

wobei die Behandlungsdauer bzw. Verweilzeit der Anordnung nach Fig. 26 in dem Konvektionsofen bei der gegebenen Temperatur von 385°C im Hinblick auf das erwünschte Schrumpf- und Sinterergebnis auf ca. 30 Minuten eingestellt wird. Infolgedessen wird über den jeweiligen Ringquerschnitt des ersten ringförmigen Gebildes 6' bzw. des zweiten ringförmigen Gebildes 6'' der Anordnung nach Fig. 26 der erwünschte Dichtegradient erzielt, gemäß dem die Dichte des ePTFE im Bereich der Außenseite des jeweiligen ringförmigen Gebildes 6' bzw. 6'' ca. 0,1 g/cm<sup>3</sup> und im Bereich des Querschnittsmittelpunkts des jeweiligen ringförmigen Gebildes 6' bzw. 6'' maximal ca. 2,2 g/cm<sup>3</sup> beträgt.

Die im vorangehenden erläuterten Vorteile des erfindungsgemäßen Dichtungselements können allgemein in Kraft-Nebenschluß-Verbindungen zum Zuge kommen, z.B. in genuteten Flanschen. So ist z.B. aus Fig. 22 ersichtlich, daß ein im wesentlichen ringförmig ausgebildetes Dichtungselement 6, insbesondere eine Schnurdichtung, die aus wenigstens einem helixförmig parallel zur Ringachse A gerollten Material unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist, als Flanschdichtung zwischen zwei Flanschen 20 und 21 verwendet wird. Da es sich bei diesem erfindungsgemäßen Dichtungselement bzw. dieser erfindungsgemäßen Schnurdichtung um ein in sich geschlossenes Bauelement handelt, ist eine Schließstelle durch Überlappung von Teilen dieser Schnurdichtung nicht mehr erforderlich, was natürlich für die praktische Anwendung außerordentlich vorteilhaft ist.

Als weitere Verwendungsmöglichkeiten für die erfindungsgemäßen Dichtungsringe sind insbesondere noch die folgenden zu erwähnen:

In Destillationskolonnen kann ein solcher Dichtungsring als Randabdichtung zwischen den Packungen der Destillationskolonne und der Destillationskolonnenwand dienen.

Ferner läßt sich der erfindungsgemäße Dichtungsring in Kraft-Hauptschluß-Verbindungen, z.B. zum Abdichten von Tank- und Behälterdeckeln, verwenden.

#### Beispiel für die Herstellung von geschlossenen Ringen aus ePTFE

Eine kontinuierliche biaxial expandierte PTFE-Membrane wurde gemäß GORE US-Patenten 3,933,566 und 4,187,390 hergestellt. Fünf Streifen wurden in Querrichtung aus der Membrane herausgeschnitten, um die Querzugfestigkeit der Membrane zu messen. Folgende Werte stellen Mittelwerte aus den fünf Mustern dar.

Länge	16,7 cm
Breite	2,7 cm
Dicke	38 µm
Gewicht	0,0841 g
Bruchkraft	21,523 N

Die folgenden Werte wurden berechnet:

spezifische Dichte	0,49 g/cm <sup>3</sup>
Querschnittsfläche	0,0103 cm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit	20,5 MPa

Die berechnete Matrixzugfestigkeit in Querrichtung der ePTFE-Membrane war 90 MPa.

Um die Matrixzugfestigkeit einer porösen Struktur zu berechnen, wird die Bruchkraft des Musters durch die Querschnittsfläche desselben geteilt und dann dieses Ergebnis mit dem Verhältnis der spezifischen Dichte des vollverdichteten Polymers und der spezifischen Dichte des porösen Polymers multipliziert. Die spezifische Dichte von vollverdichtetem PTFE wurde mit 2,15 g/cm<sup>3</sup> angenommen.

Diese ePTFE Membrane wurde manuell um einen Aluminium Wickeldorn mit einem Durchmesser von 530 mm gewickelt. Dabei wurden Wickelzahlen von 116 horizontal gewählt bei einer Membranbreite von 300 mm. Dies resultiert in einer vertikalen Wickelzahl von ca. 4 Umdrehungen. Die Schnittkante wurde mit ca.  $\alpha \approx 20^\circ$  (siehe Figur 19) ausgeführt.

Die zwei resultierenden Ringen wurden auf dem Dorn in einem Konvektionsofen bei 385°C für 30 Minuten geschrumpft/gesintert, um einen Dichtegradienten über den jeweiligen Ringquerschnitt zu erzielen, wie oben erläutert. Ein weiterer Ring wurde nach dem gleichen Verfahren gewickelt und bei 385°C und nur 18 Minuten geschrumpft/gesintert.

Die Dichten wurden über das "archimedische Prinzip" gemessen, d. h. ein Körper wird in einer Flüssigkeit bekannter Dichte (hier dest. Wasser) versenkt und das Gewicht des verdrängten Wasser gemessen. Es wird das Gewicht des Körpers in Luft und in der Flüssigkeit ermittelt und nach folgender Formel die Dichte  $\rho$  Körpers berechnet:

$$\zeta = \frac{W(a) \cdot [\zeta_{fl} \cdot 0,0012 \text{ g/cm}^3]}{0,99983 \cdot G}$$

5 wobei

W(a): Gewicht des Körpers in Luft

G: W(a) - W(fl) Differenz Gewicht des Körper in Luft und in der Flüssigkeit

0,99983: Korrekturfaktor für Gestänge der Meßvorrichtung

10 0,0012g/cm<sup>3</sup>: Korrekturfaktor Luftdruck

$\zeta_{fl}$ : Dichte der Flüssigkeit

Die Messung wurde mit einer Analysenwaage "Sartorius isoCall AC211S" durchgeführt. Dichtewerte (g/cm<sup>3</sup>) wurden in radialen Schichten von ca. 1,4-1,5 mm Stärke von der Außenseite bis zum Kern der Dichtung gemessen, wobei der vollverdichtete Kern bei Ring Beispiel 1 und 2 einen Durchmesser von ca. 4-5 mm aufweist. Für die integrale Dichte wurden kreisförmige Querschnittsscheiben mit ca. 2 mm Höhe vermessen. Bei Ring Beispiel 3 wurde kein vollverdichteter Kern erreicht:

20	Ring	Di (mm)	Dq (mm)	Dichte Mem-brane	Dichte integral	Dichte innen	Dichte außen	Temp/Zeit
	1.	530	24,4	0,21	1,726	2,163	1,207	385 <sup>0</sup> C/30min.
	2.	530	24,8	0,20	1,711	2,159	1,152	385 <sup>0</sup> C/30 min.
25	3.	530	25,2	0,20	1,521	1,973	0,931	385 <sup>0</sup> /18 min

30

35

40

45

Zugehörige Einzeldichten:			
radiale Tiefe (mm)	1. Ring	2. Ring	3. Ring
1,5	1,207	1,151	0,931
3	1,362	1,268	1,124
4,5	1,484	1,408	1,211
6	1,567	1,581	1,391
7,5	1,655	1,660	1,478
9	1,730	1,700	1,614
10,5	1,785	1,774	1,811
10,5 - 12,5	2,162	2,159	1,973

#### Bezugszeichenliste

- 1 = erster Dorn
- 50 1' = zweiter Dorn
- 2 = Rotationsachse
- 3 = folienförmiges Material
- 3' = gerader äußerer Rand des Materials 3
- 3'' = schräg geschnittener Endrand des Materials 3
- 55 3''' = schräg geschnittener Anfangsrand des Materials 3
- 4 = Materialwickel
- 4' = aufeinanderliegende Wickellagen des Materialwickels 4
- 4'' = freier Endabschnitt des Materialwickels 4

	4'''	= schlauchförmiger Zwischenbereich des Materialwickels 4
	5	= vorläufiges ringförmiges Gebilde
	6	= resultierendes ringförmiges Gebilde
	6'	= erstes endseitiges ringförmiges Gebilde
5	6''	= zweites endseitiges ringförmiges Gebilde
	7	= erstes Ende des Materialwickels 4
	8	= zweites Ende des Materialwickels 4
	9	=
	10	= erste Materialbahn
10	10'	= überlappter Bereich der ersten Materialbahn 10
	10''	= schräg geschnittener Endrand der Materialbahn 10
	11	= zweite Materialbahn
	11'	= überlappter Bereich der zweiten Materialbahn
	11''	= schräg geschnittener Endrand der zweiten Materialbahn
15	12	= dritte Materialbahn
	12'	= überlappter Bereich der dritten Materialbahn
	12''	= schräg geschnittener Endrand der dritten Materialbahn
	13	= vierte Materialbahn
	13'	= überlappter Bereich der vierten Materialbahn
20	13''	= schräg geschnittener Endrand der Materialbahn 13
	14	= fünfte Materialbahn
	15	= kreisförmiger Querschnitt des ringförmigen Gebildes 6 bzw. 6' bzw. 6''
	15'	= ovaler Querschnitt
	15''	= rechteckförmiger Querschnitt
25	16	= Materialwickel
	17	= tubusförmiges Element
	18	=
	19	=
	20	= erster Flansch
30	21	= zweiter Flansch
	22	= Dichtungsschnur
	30	= Dichtungselement
	40	= Abschnitt des umgerollten Materialwickels 4
	41	= Streifen aus polymerem Material
35	42	= kontinuierliche Schicht aus polymerem Material
	Pf <sub>1</sub>	= Rotationsrichtung
	Pf <sub>2</sub>	= Wickelrichtung
	Pf <sub>3</sub>	= Umrollrichtung
	Pf <sub>4</sub>	= Umrollrichtung
40	h	= Gesamtbreite des folienförmigen Materials 3
	d <sub>1</sub>	= Wickelstärke des Materialwickels 4
	d <sub>2</sub>	= Dicke des resultierenden ringförmigen Gebildes 6 bzw. 6' bzw. 6''
	D <sub>1</sub>	= Durchmesser des Materialwickels 4
	D <sub>2</sub>	= Durchmesser des resultierenden ringförmigen Gebildes 6 bzw. 6' bzw. 6''
45	b	= Breite einer Materialbahn
	b'	= Überlappungsbreite
	DD <sub>1</sub>	= Durchmesser des ersten Dornes 1
	DD <sub>2</sub>	= Durchmesser des zweiten Dornes 1'
	D	= Dichte
50	r	= Radius

#### Patentansprüche

- Ein in sich geschlossenes, schnurförmig ausgebildetes Dichtungselement aus wenigstens einem spiralig gerolltem folienförmigen Material aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE), wobei das Dichtungselement über seinen Schnurquerschnitt einen Dichtegradienten aufweist, der von der Außenseite des Dichtungselements ausgehend in Richtung zu dessen Querschnittsmittelpunkt zunimmt.

2. Dichtungselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß es wenigstens ein ringförmiges Gebilde (6) darstellt.
3. Dichtungselement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das ringförmige Gebilde (6) einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.
4. Dichtungselement nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweites ringförmig ausgebildetes Gebilde (6'') vorgesehen ist, das mit dem ersten ringförmig ausgebildeten Gebilde (6') durch einen schlauchförmigen Zwischenbereich (4''') aus demselben folienförmigen Material (3) verbunden ist.
5. Dichtungselement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden ringförmigen Gebilde (6', 6'') in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordnet sind und der schlauchförmige Zwischenbereich (4''') zusätzlich mit einem Beschichtungsmaterial, insbesondere einem Verstärkungsmaterial laminiert ist.
6. Dichtungselement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden ringförmig ausgebildeten Gebilde (6', 6'') unmittelbar aneinander angrenzen.
7. Dichtungselement nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das expandierte Polytetrafluorethylen biaxial gereckt ist.
8. Dichtungselement nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß es mehrere folienförmige Materialien (10-14) mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweist.
9. Dichtungselement nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß es eine asymmetrische Verteilung der Materialeigenschaften über die Dicke ( $d_2$ ) des ringförmigen Gebildes (6) bzw. der beiden ringförmigen Gebilde (6', 6'') aufweist.
10. Dichtungselement nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß es wenigstens ein beschichtetes folienförmiges Material (3) aufweist.
11. Dichtungselement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß es ein mit einem Fluorethylenpropylen (FEP) beschichtetes folienförmiges Material (3) aufweist.
12. Dichtungselement nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß es ein mit einem Perfluoralkoxy (PFA) beschichtetes folienförmiges Material (3) aufweist.
13. Dichtungselement nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß es ein mit einem Elastomeren gefülltes oder imprägniertes folienförmiges Material (3) aufweist.
14. Dichtungselement nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dichte im Bereich der Außenseite des Elements (6, 6', 6'') ca.  $0,1 \text{ g/cm}^3$  und im Bereich des Querschnittsmittelpunkts des Elements (6, 6', 6'') maximal ca.  $2,2 \text{ g/cm}^3$  beträgt, was einerseits etwa der Dichte des folienförmigen Ausgangsmaterials und andererseits etwa der Dichte des Vollmaterials entspricht.
15. Verfahren zur Herstellung eines in sich geschlossenen, schnurförmig ausgebildeten, mehrschichtig aufgebauten Dichtungselements, insbesondere Flanschdichtungselements, mit folgenden Verfahrensschritten:
  - a) wenigstens ein folienförmiges Material (3) aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE) mit zunächst gleichförmiger Dichteverteilung und mit vorgegebener Breite wird solange auf einen langgestreckten Dorn in dessen Umfangsrichtung ( $P_f$ ) gewickelt, bis eine erwünschte Wickelstärke ( $d_1$ ) eines resultierenden Materialwickels (4) auf dem Umfang des Dorns (1) erreicht ist;
  - b) der Materialwickel (4) wird im Bereich des einen stirnseitigen Endes des Dorns (1) beginnend in Richtung der Achse (2) des Dorns (1) entlang des Umfangs des Dorns durch einen auf den Materialwickel (4) einwirkenden Umrollvorgang im wesentlichen bis zu dem Bereich des entgegengesetzten stirnseitigen Endes des Dorns (1) umgerollt, so daß im wesentlichen ein ringförmiges Gebilde (6) aus dem umgerollten Materialwickel (4) erzeugt wird;



c) das ringförmige Gebilde (6) wird sodann auf einem Dorn einer thermischen Behandlung unterworfen, wobei es derart schrumpft, daß es über den Querschnitt des ringförmigen Gebildes (6) einen Dichtegradienten erhält, wodurch die Dichte des expandierten Polytetrafluorethylens (ePTFE) von der Außenseite des ringförmigen Gebildes (6) ausgehend in Richtung zu dessen Querschnittsmittelpunkt zunimmt.

5

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dorn (1), auf dem die thermische Behandlung stattfindet, der gleiche Dorn ist, auf dem der Materialwickel (4) erzeugt wird oder aber ein Dorn mit gleichem Durchmesser ist.

10

17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dorn, auf dem die thermische Behandlung stattfindet, einen kleineren Durchmesser aufweist, als der Dorn (1), auf dem der Materialwickel (4) erzeugt wird.

15

18. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Verfahrensschritt b) der Materialwickel (4) nur bis zu einem vorgegebenen ersten Umfangsbereich des Dorns (1) umgerollt wird und daß der Materialwickel (4) dann im Bereich des entgegengesetzten stirnseitigen Endes des Dorns (1) beginnend in Richtung der Achse (2) des Dorns (1), jedoch in entgegengesetzter Richtung, entlang des Umfangs des Dornes (1) durch einen auf den Materialwickel (4) einwirkenden zweiten Umrollvorgang im wesentlichen bis zu einem vorgegebenen zweiten Umfangsbereich des Dorns umgerollt wird, so daß aus dem umgerollten Materialwickel (4) ein zweites ringförmiges Gebilde (6'') erzeugt wird, worauf sich eine thermische Behandlung gemäß Verfahrensschritt c) anschließt.

20

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein biaxial gerecktes Polytetrafluorethylen (ePTFE) verwendet wird.

25

20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Behandlung in der Weise erfolgt, daß die resultierende Dichte im Bereich der Außenseite des ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') leicht höher als die Ausgangsdichte des folienförmigen Materials (3) ist und die resultierende Dichte im Bereich des Querschnittsmittelpunkts des ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') maximal gleich der spezifischen Dichte von PTFE-Vollmaterial ist.

30

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Behandlung in der Weise erfolgt, daß die Dichte im Bereich der Außenseite des ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') ca.  $0,1 \text{ g/cm}^3$  und im Bereich des Querschnittsmittelpunkts des ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') maximal ca.  $2,2 \text{ g/cm}^3$  beträgt.

35

22. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Behandlung in der Weise erfolgt, daß das ringförmige Gebilde (6, 6', 6'') nach dem Schrumpfen gesintert wird.

40

23. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dauer der thermischen Behandlung in Abhängigkeit vom Querschnittsdurchmesser des ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') im Bereich von 1 Minute bis 2 Stunden, vorzugsweise im Bereich von 3 Minuten bis 40 Minuten gewählt wird.

45

24. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser des kleineren Dorns so gewählt wird, daß das Folienmaterial (3) des ringförmigen Gebildes (6) so schrumpft, daß das ringförmige Gebilde (6) als Innendurchmesser den Durchmesser des zweiten Dorns erhält.

50

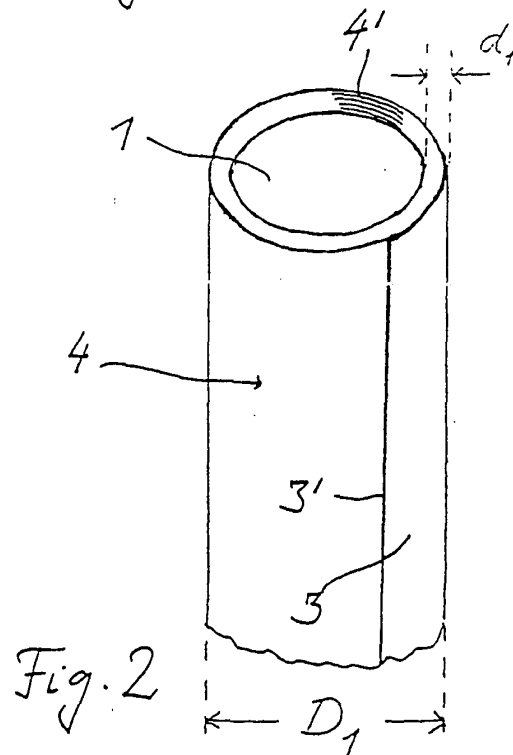
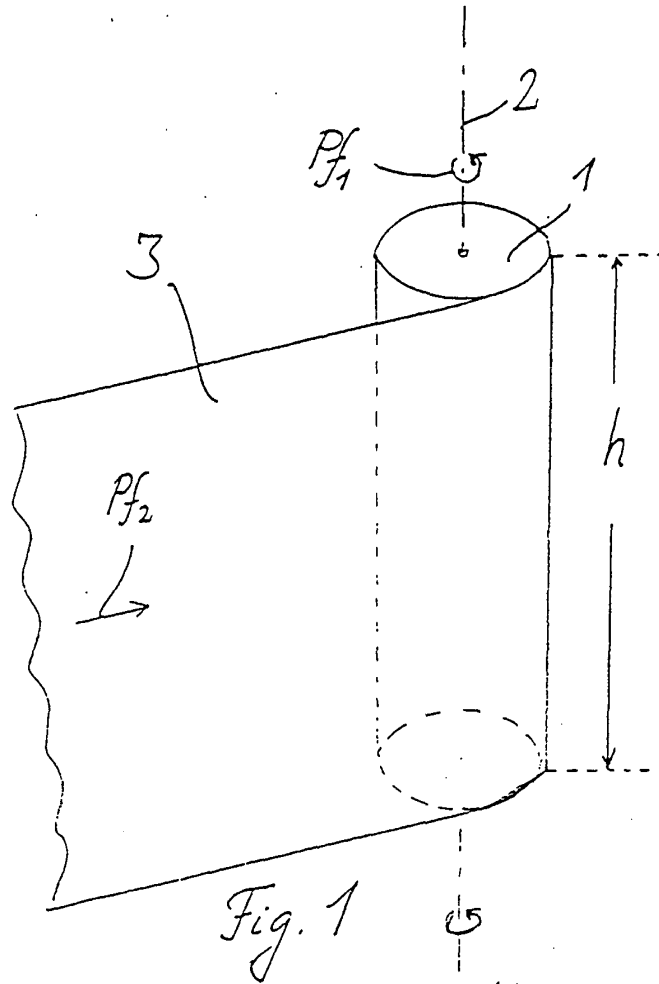
25. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vorgegebene erste Umfangsbereich des Dorns (1) und der vorgegebene zweite Umfangsbereich des Dorns (1) in der Weise voneinander beabstandet vorgesehen werden, daß das erste im wesentlichen ringförmige Gebilde (6') und das zweite im wesentlichen ringförmige Gebilde (6'') einen entsprechenden Abstand voneinander aufweisen, durch einen schlauchförmigen Zwischenbereich (4''') des Materialwickels (4) miteinander verbunden bleiben und in dieser Ausgestaltung im Anschluß an die thermische Behandlung von dem Dorn (1) abgenommen werden, wobei vorzugsweise der schlauchförmige Zwischenbereich (4''') des Materialwickels (4) vor der thermischen Behandlung zusätzlich mit einem Beschichtungsmaterial, insbesondere Verstärkungsmaterial, laminiert und sodann gemeinsam mit dem aufgetragenen Beschichtungsmaterial wärmebehandelt, insbesondere gesintert wird.

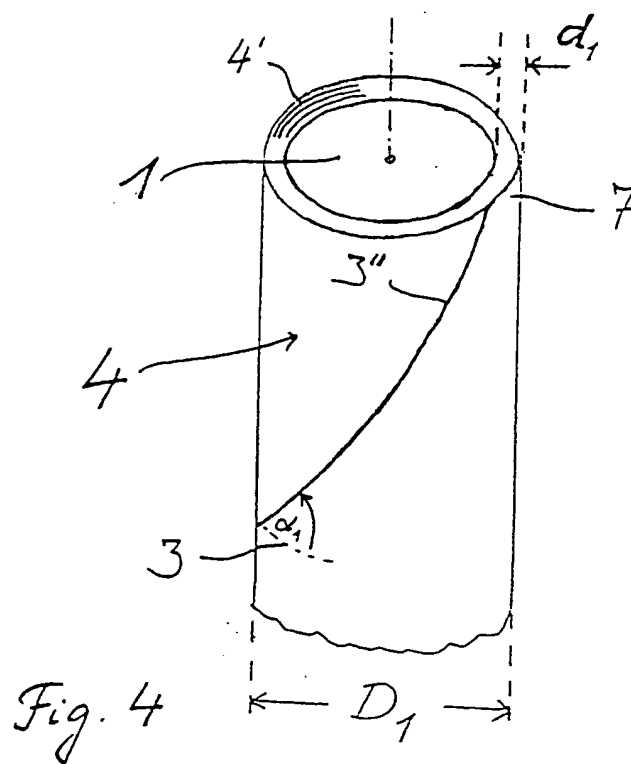
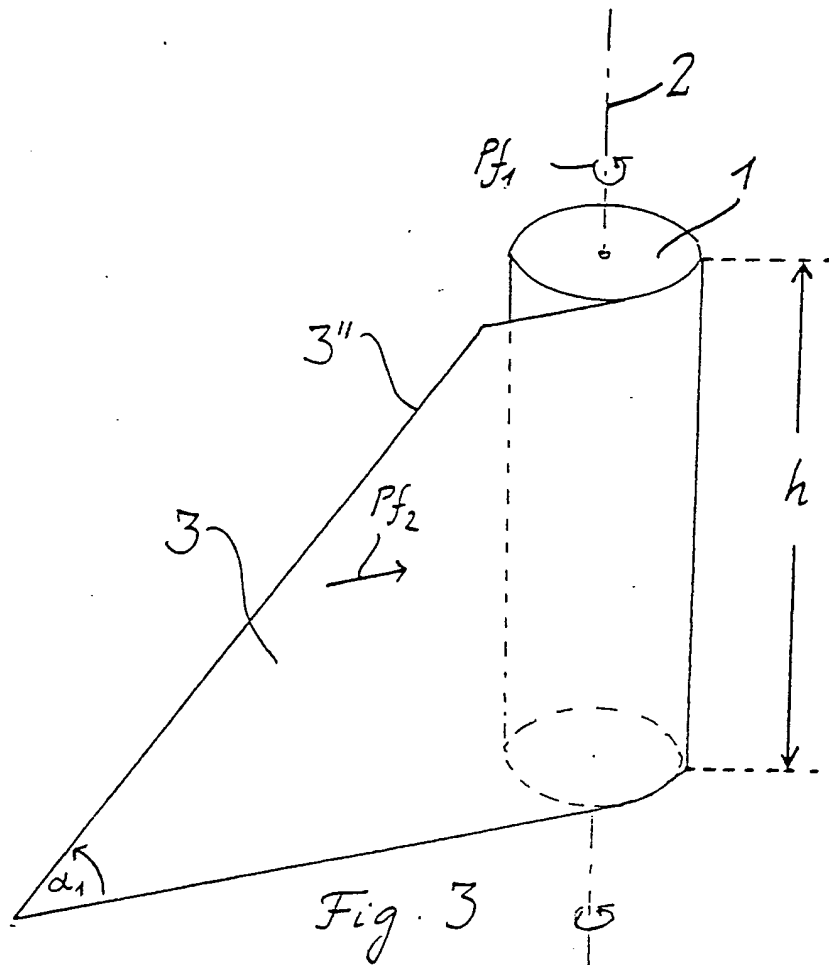
55

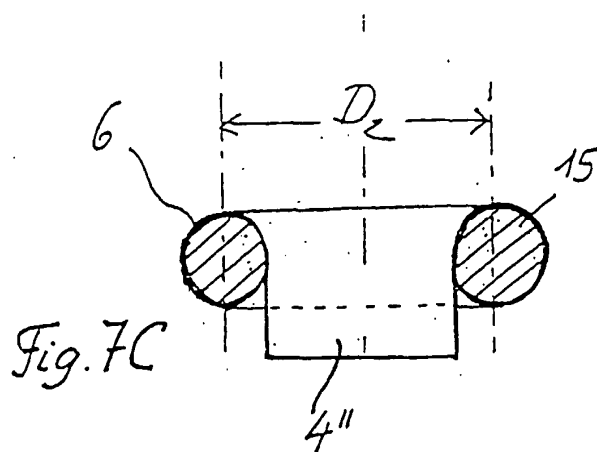
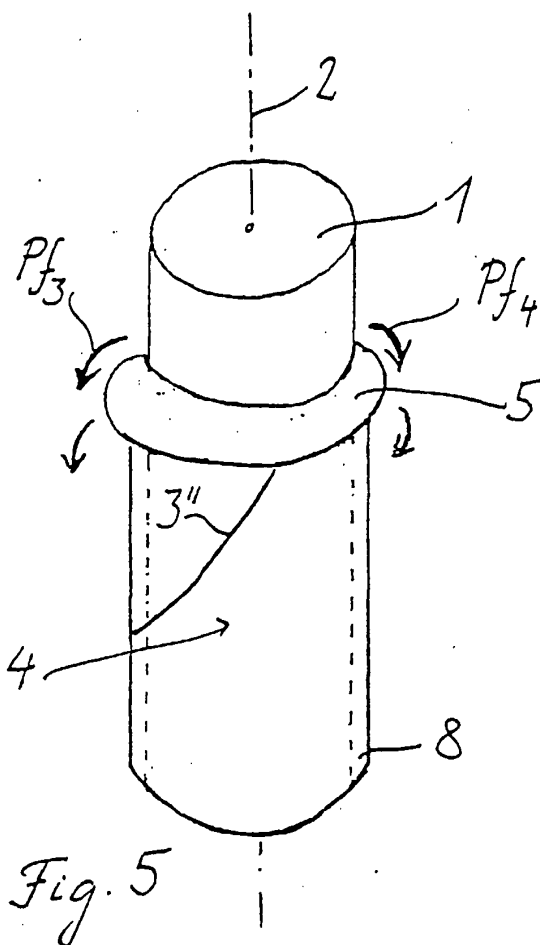
26. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden auf den Materialwickel (4) einwirkenden, voneinander entgegengesetzten stirnseitigen Enden des Dornes (1) ausgehenden Umrollvorgänge solange erfolgen, bis das resultierende erste ringförmige Gebilde (6') und das resultierende zweite ringförmige Gebilde (6'') auf dem Umfang des Dorns (1) unmittelbar einander gegenüberliegen, wobei die beiden resultierenden ringförmigen

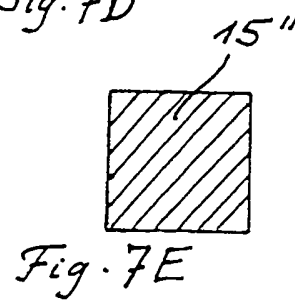
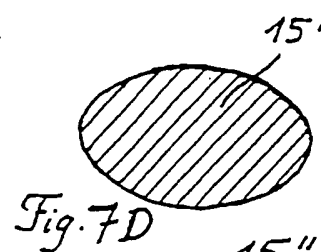
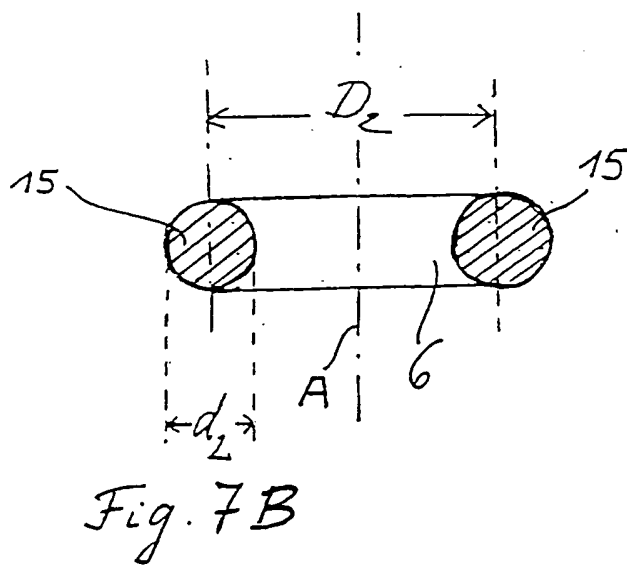
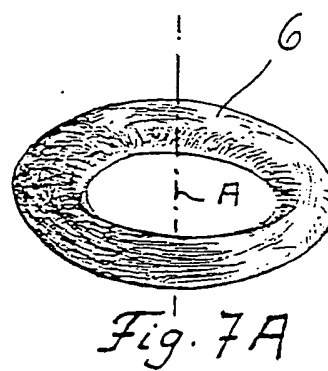
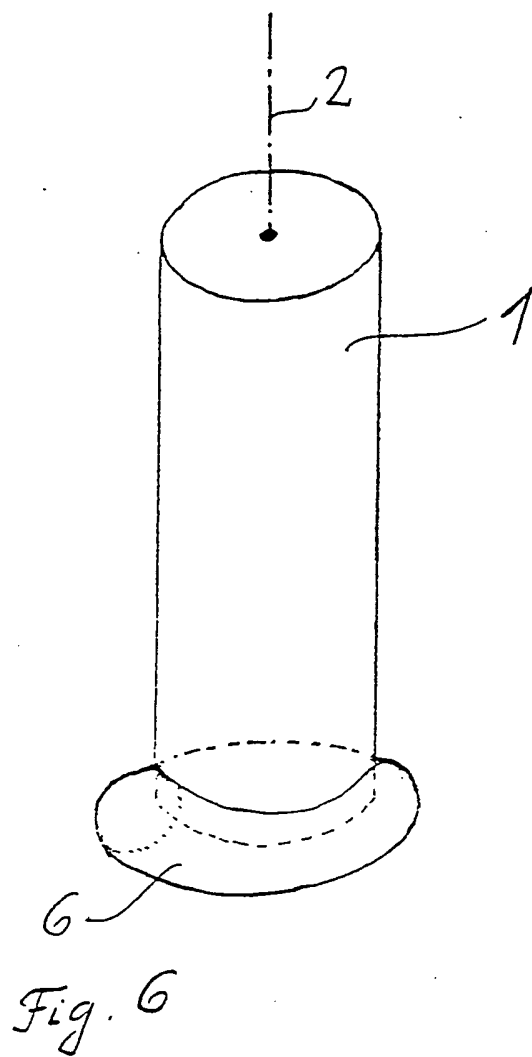
Gebilde (6', 6'') in dieser Ausgestaltung im Anschluß an die thermische Behandlung von dem Dorn (1) abgenommen werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden auf den Materialwickel (4) einwirkenden Umrollvorgänge in der Weise erfolgen, daß unterschiedliche Dicken ( $d_2$ ) der beiden resultierenden im wesentlichen ringförmigen Gebilde (6', 6'') erzeugt werden.
28. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 25 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß einer der beiden durch den schlauchförmigen Zwischenbereich (4'') des Materialwickels miteinander zusammenhängenden Gebildes (6', 6'') auf einen zweiten Dorn Kleineren Durchmessers übertragen wird und dessen Durchmesser so gewählt wird, daß nach dem Schrumpfen des ringförmigen Gebildes (6', 6'') im Laufe der thermischen Behandlung dieses als Innendurchmesser den Durchmesser des zweiten Dornes erhält, wodurch ein im wesentlichen doppelt ringförmig ausgebildetes Dichtungselement in konischer Ausgestaltung erzeugt wird.
29. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dorn (1) geheizt wird, bis eine der Sintertemperatur des ePTFE entsprechende Temperatur erreicht wird, um hierdurch beim Wickelprozeß auf den Dorn (1) das folienförmige Material (3) gleichzeitig zu sintern, insbesondere vorzusintern, wobei der Dorn vorzugsweise auf eine Temperatur im Bereich zwischen ca. 327°C bis ca. 420°C geheizt wird.
30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärme bei der thermischen Behandlung durch Konvektion und/oder Strahlung zugeführt wird.
31. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Verfahrensschritt a) mehrere folienförmige Materialbahnen (10-14), insbesondere Materialbahnen mit unterschiedlichen Eigenschaften, von jeweils vorgegebener Breite in Richtung der Achse des Dornes (1) aufeinanderfolgend auf den Dorn gewickelt werden, wobei sich die Materialbahnen (10-14) zumindest teilweise gegenseitig überlappen und bei vorgegebener gleichbleibender oder unterschiedlicher Überlappungsbreite auf den Dorn (1) so gewickelt werden, daß sich beim anschließenden Umrollvorgang gemäß Verfahrensschritt b) eine asymmetrische Verteilung der Materialeigenschaften über die Dicke ( $d_2$ ) des resultierenden ringförmigen Gebildes (6, 6', 6'') ergibt.
32. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das gemäß Verfahrensschritt a) nach Anspruch 15 auf den Dorn (1) zu wickelnde folienförmige Material (3) mit einem schräg geschnittenen Anfangsrand (3'') sowie mit einem schräg geschnittenen Endrand (3'') versehen wird, um im Zuge des Wickelprozesses jeweils schraubenlinienförmig verlaufende Anfangs- und Endbereiche des resultierenden Materialwickels (4) auf dem Dorn (1) zu erzeugen.
33. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Dorn (1) ein im wesentlichen zylindrischer Körper, insbesondere Rohrabchnitt, verwendet wird.
34. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das ringförmig bzw. doppelt ringförmig ausgebildete Gebilde (6, 6', 6'') nach dem Schrumpfen bzw. Sintern einem erneuten Recken unterworfen wird.









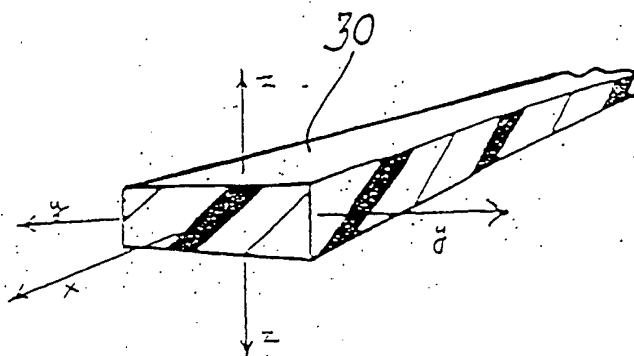


Fig. 8

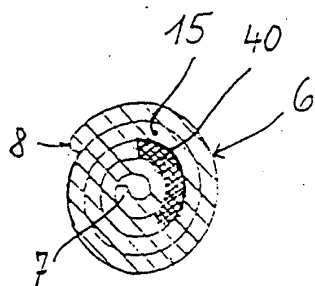


Fig. 9

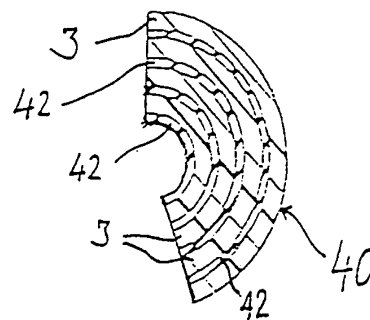


Fig. 10

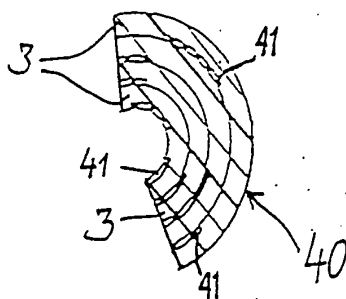
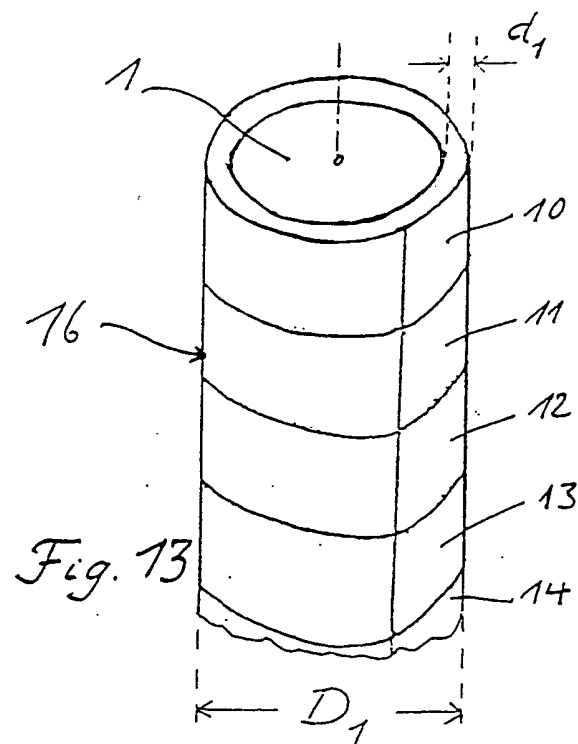
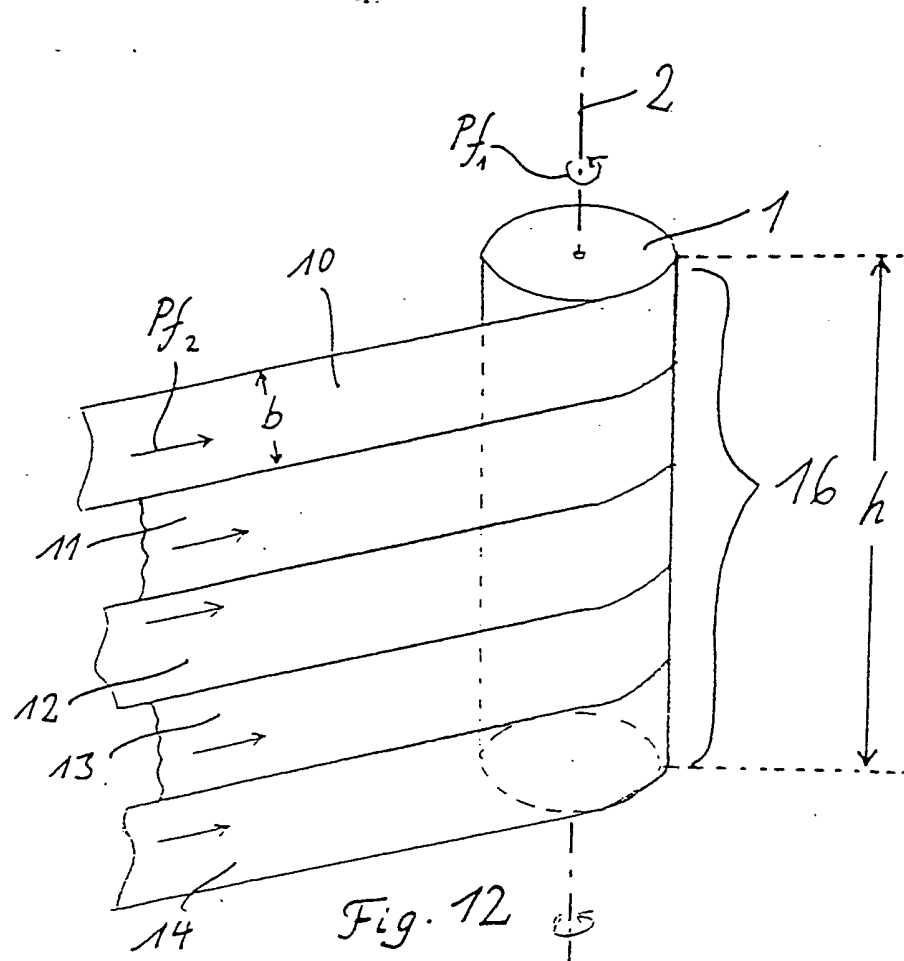
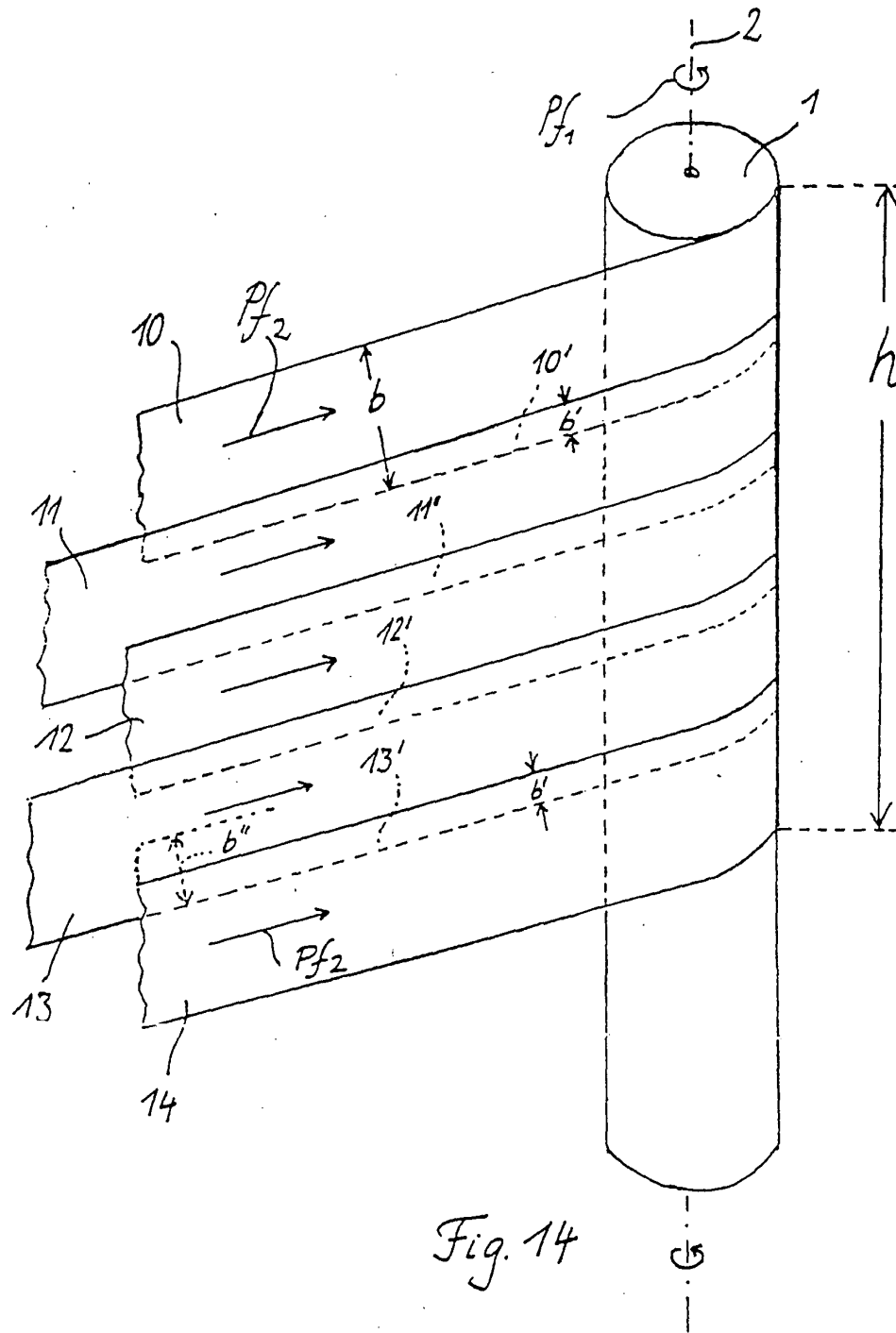
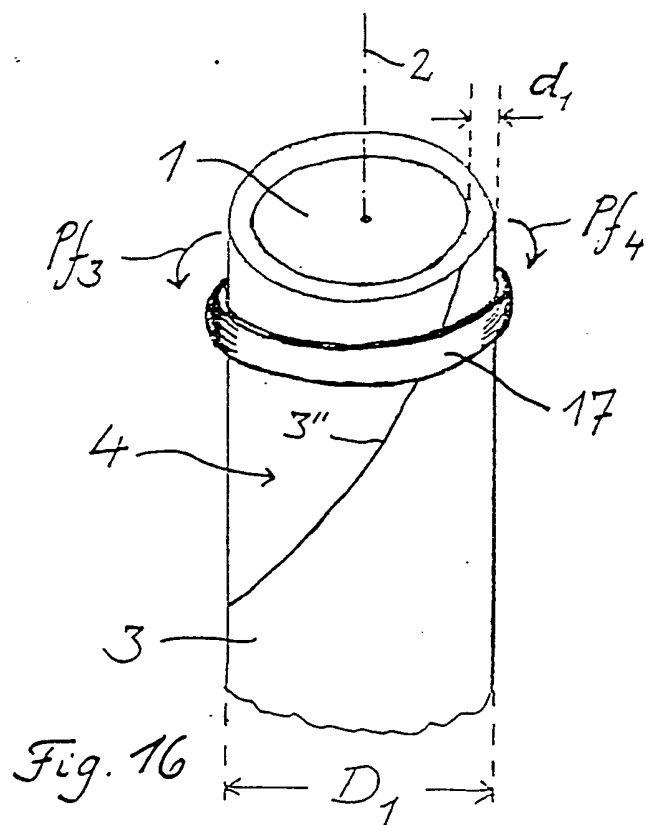
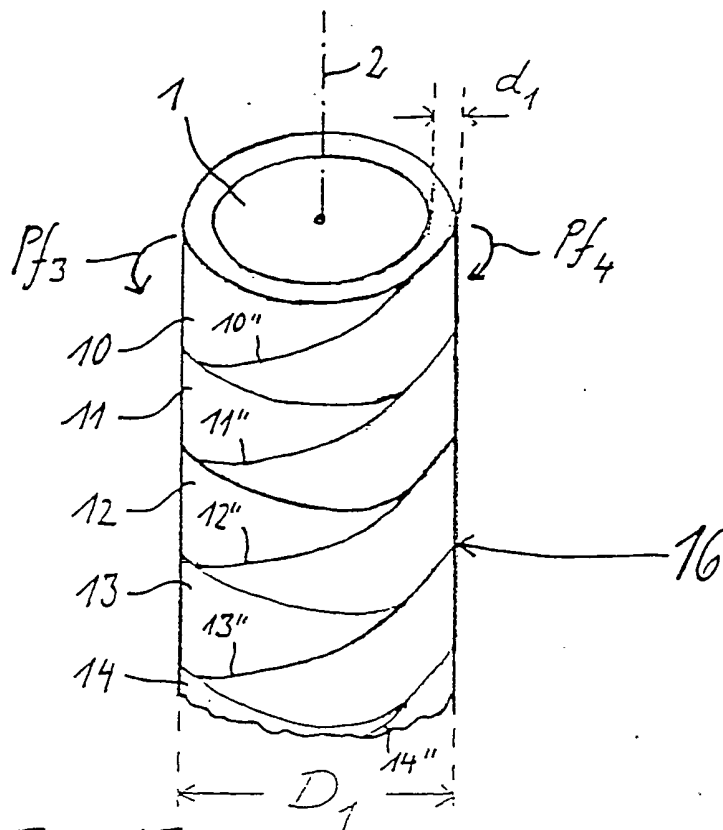


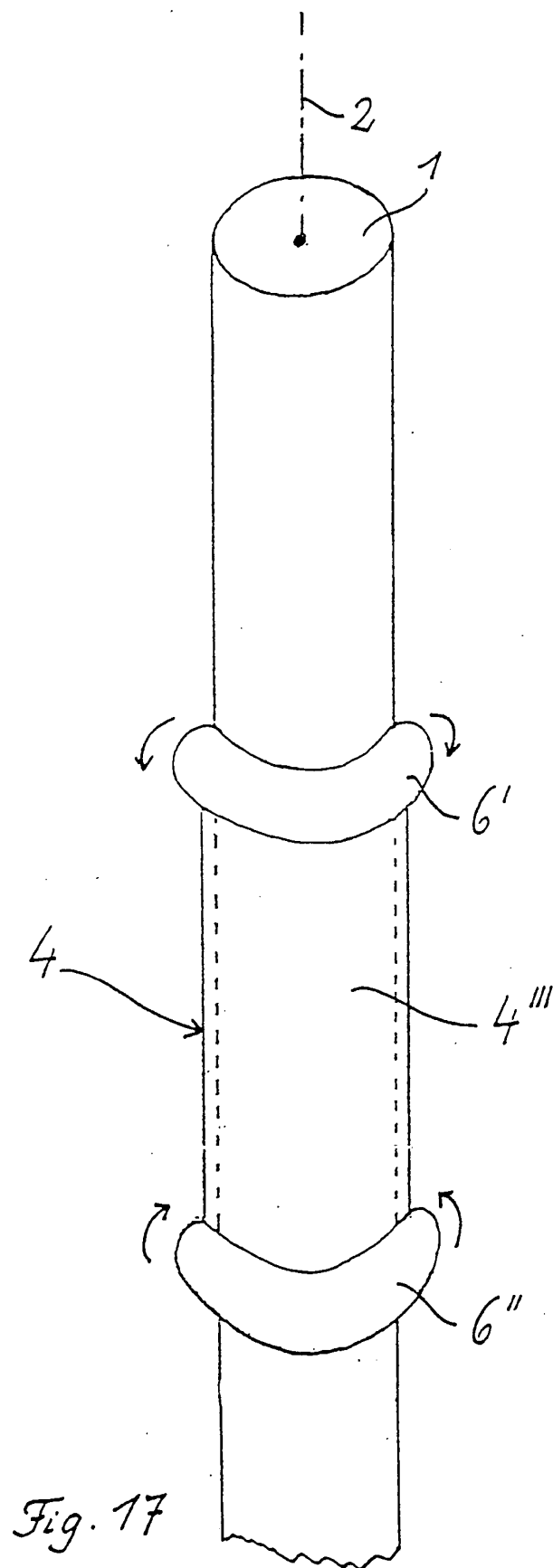
Fig. 11

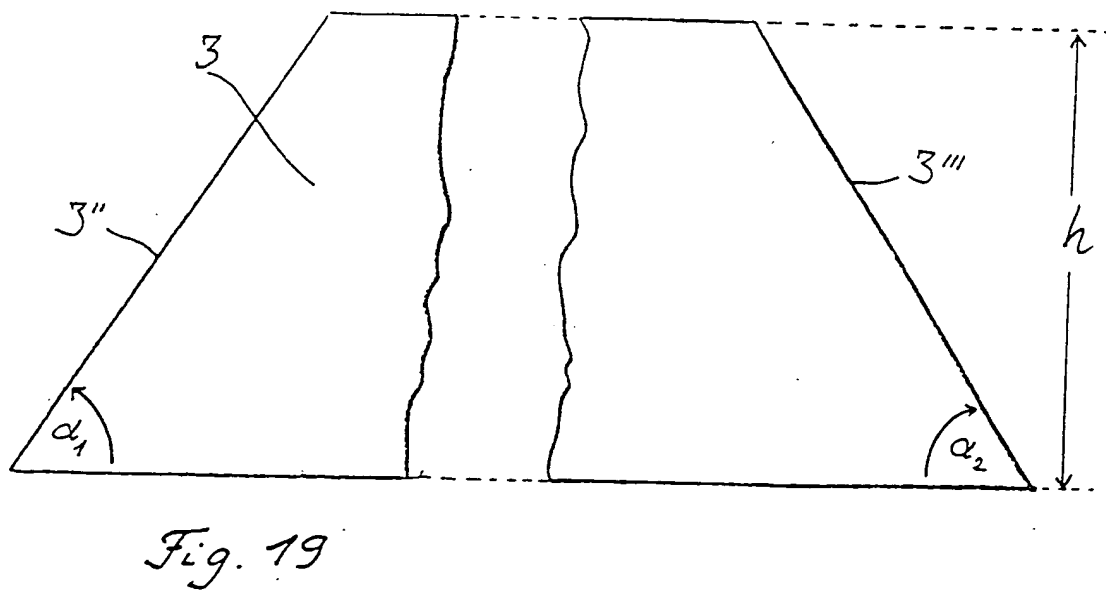
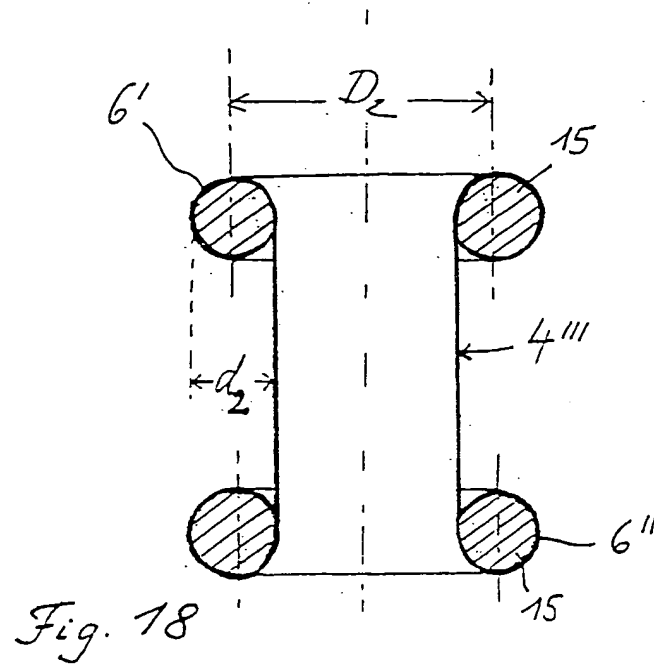


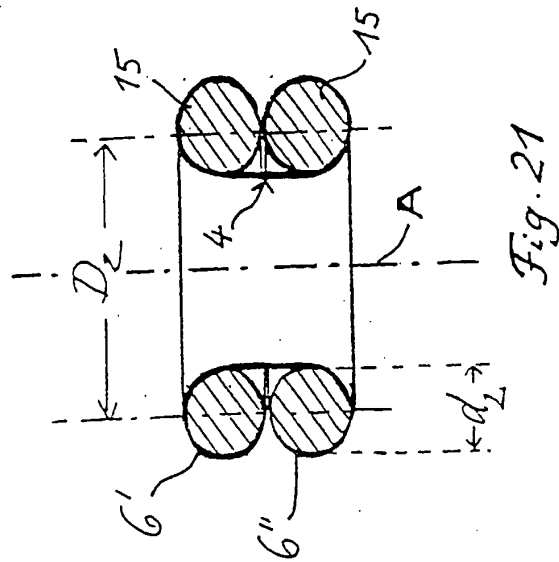
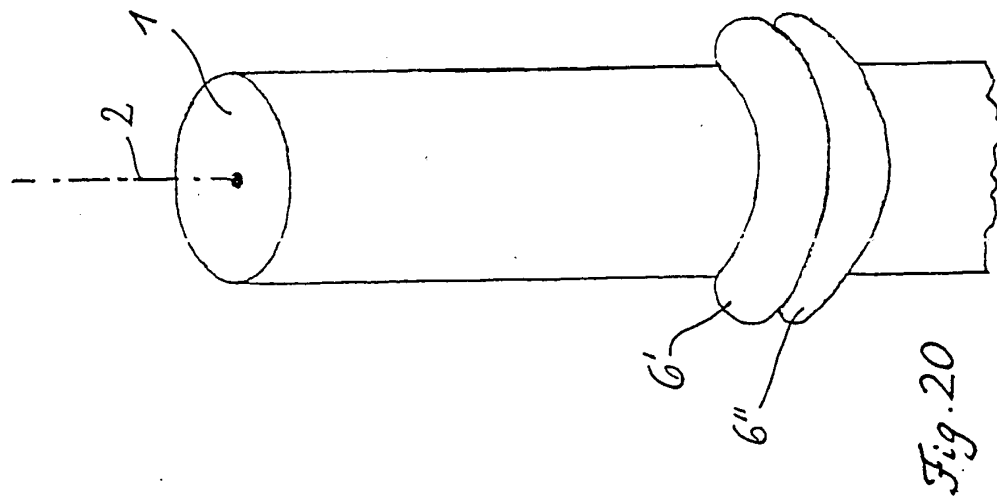


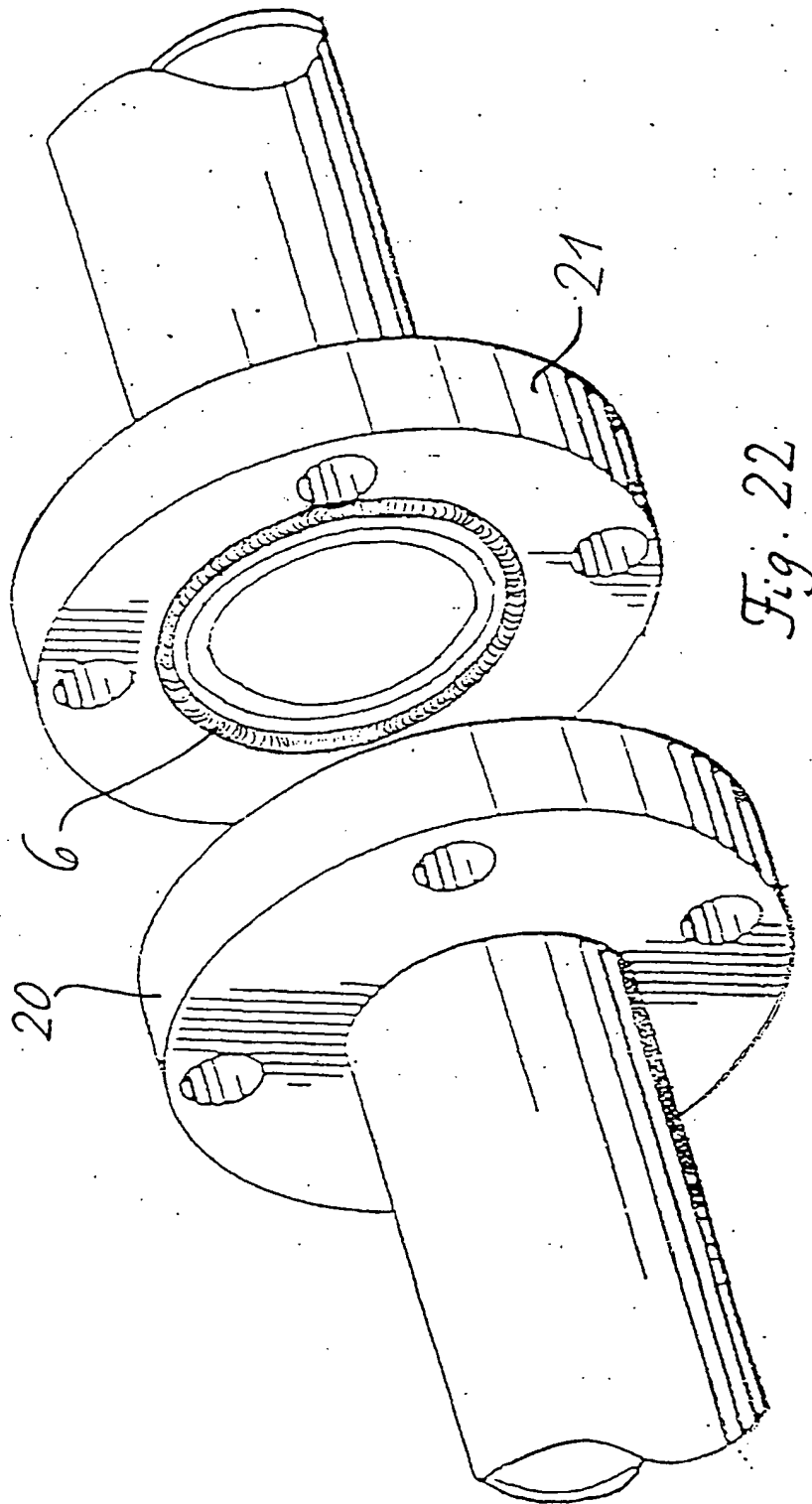


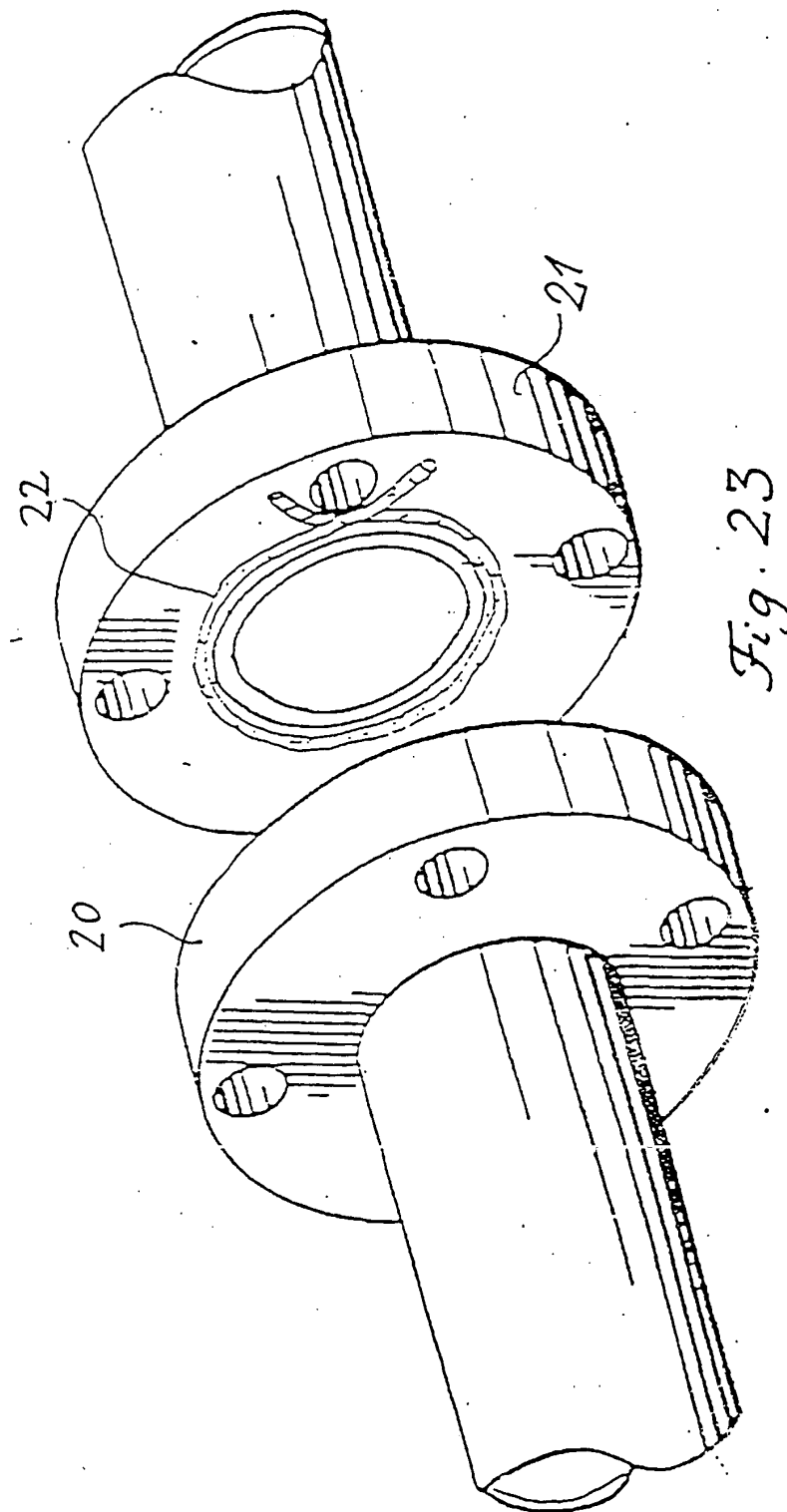


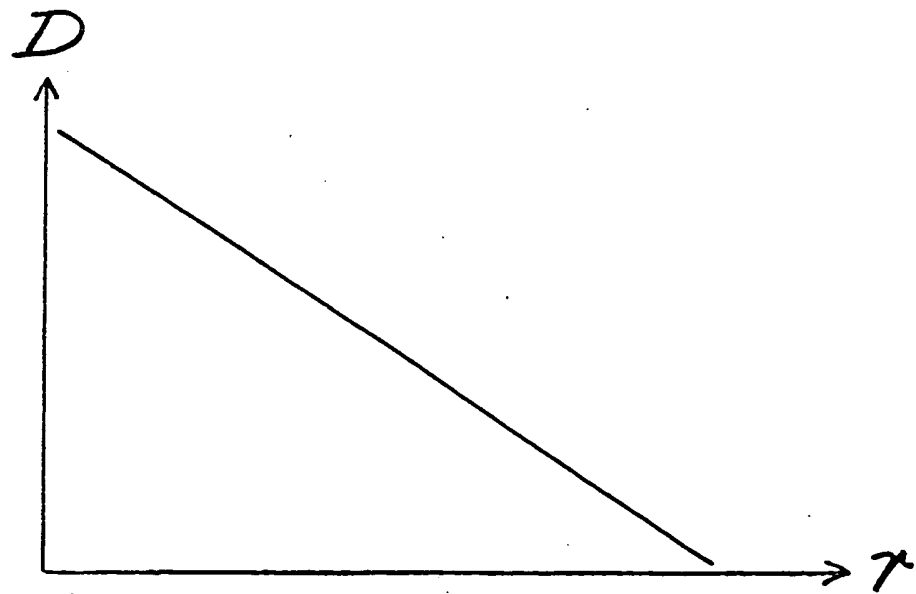
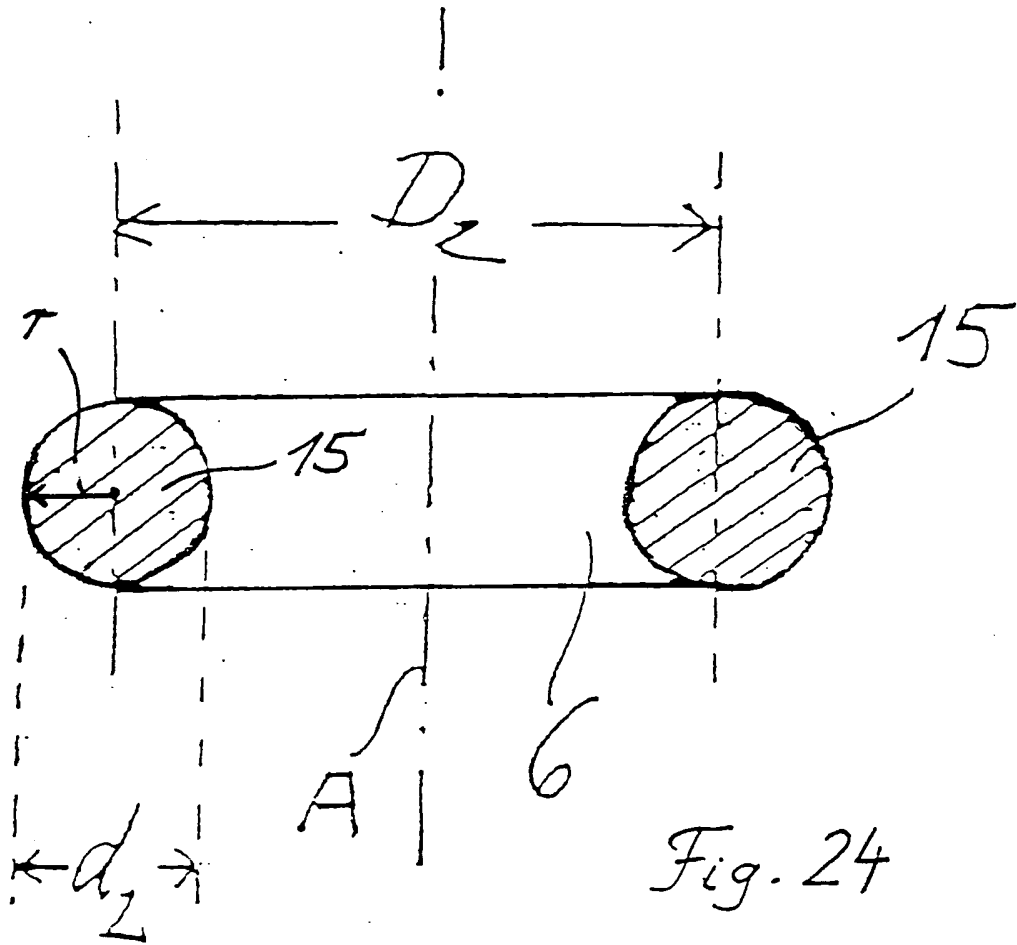














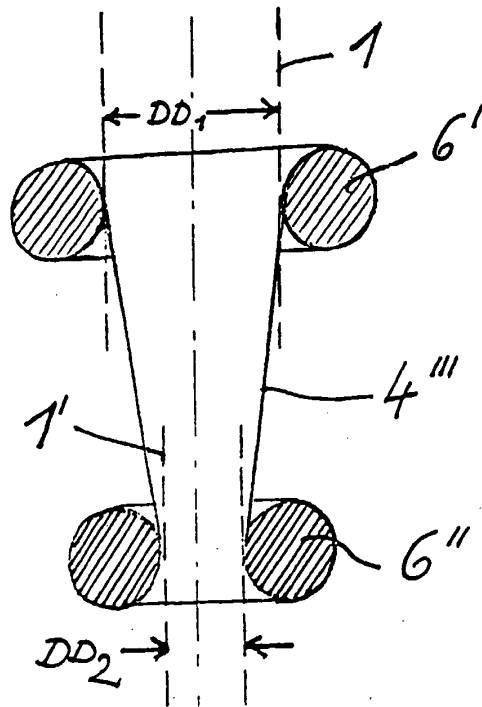


Fig. 26



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 5745

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	GB 238 853 A (GOODRICH COMP.) * Seite 1, Zeile 84 - Seite 2, Zeile 27: Abbildungen *	1-3, 15	F16J15/10
A,D	WO 96 07842 A (GORE & ASS.) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
A,D	US 5 364 699 A (GORE & ASS.) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
A,D	WO 94 24467 A (GORE & ASS.) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F16J B29D B29C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 17.Dezember 1997	Prüfer Narminio, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)